

Der Aussüßungs- und Verlandungsprozeß im Bereich der Brackwassermolasse Niederbayerns

Von W. RICHARD SCHLICKUM, Oberelfringhausen, & FRIEDRICH STRAUCH, Köln^{*)}

Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

Zusammenfassung

Die auskartierbaren 7 petrofaziellen Einheiten, in die sich die Oncophoraschichten der niederbayerischen Brackwassermolasse unterteilen lassen, nämlich Mehlsande, Schillhorizont, Glimmersande (Untere Oncophoraschichten), Aussüßungshorizont, Schillsande, Uniosande und Lakustrische Schichten (Obere Oncophoraschichten), geben den Ablauf eines kontinuierlichen Aussüßungs- und Verlandungsprozesses wieder. Er läßt sich durch paläontologische und biofazielle Befunde in Übereinstimmung mit den sedimentären belegen.

Die Mehlsande und ihre fazielle Vertretung, die Aidenbacher „Brakischen Mergel“, sind im etwa 20—30 m tiefen, pliohalinen uferfernen Stillwasser eines Brackwassermeeres mit ärmlichen Lebensverhältnissen abgelagert worden. Küstennäher bildeten sich im Bereich der kritischen Linie durch wandernde Sandbänke fortlaufend autochthone Sohlenpflaster, die zum sogenannten Schillhorizont zusammenwuchsen. Diese Vorgänge spielten sich wahrscheinlich um oder unter 10 m Wassertiefe ab. Oberhalb dieser Tiefenzone bis zur Küste wurden die Glimmersande abgesetzt. Sie stellen einen optimal durchlüfteten, aber infolge nach oben zunehmender Wasserturbulenz und daraus resultierender stetiger Umlagerung für Mollusken immer ungünstiger werdenden Biotop dar (letal-lipostrate Fazies). Der Abschluß der Glimmersandsedimentation (am Profilstandort!) bedeutet das Ende des freien Brackmeeres.

Die Oberen Oncophoraschichten beginnen mit der heterogenen Folge des sogenannten Aussüßungshorizontes, der meist mit einem humosen Wurzelboden einsetzt, welcher einen Strand- oder Uferwälle einnehmenden Vegetationsgürtel anzeigt. Hinter diesen Barrieren bildeten sich nahezu limnische (oligohaline), flache Becken (Abb. 7) mit entsprechender Fauna und (zumindest randlich) üppiger Flora. Zwischengeschaltet sind Sandzungen distributärer Flußmündungssysteme, die Mollusken des fließenden Wassers führen.

^{*)} Dr. W. R. SCHLICKUM, 4321 Oberelfringhausen 63; Dr. F. STRAUCH, Geologisches Institut, 5 Köln, Zulpicher Str. 49.

Aus diesen Schichten gehen allmählich die Schillsande hervor. Sie wurden in flachen größeren Lagunenbereichen hinter der Küstenlinie abgesetzt. Durch Setzung des Untergrundes konnte in diese Regionen immer wieder Fluß- oder Seewasser einbrechen, so daß poikilohaline Faunenfolgen für die nur wenige dm oder m tiefen Wannern mit wechselhafter Sedimentation kennzeichnend sind.

Die Uniosande stellen fluviatile Folgen mit Mollusken des strömenden Wassers dar, die von mäandrierenden Flußläufen oberhalb ihrer distributären Mündungsbereiche geschüttet wurden. Die Mündungsnähe machte sich durch gelegentlichen Brackwassereinfluß (oligohalin) bemerkbar.

In den weiten Arealen zwischen diesen Flußläufen wurden in Altwässern, die durch Setzung zu Seen verschmelzen konnten, die Lakustrischen Schichten abgesetzt. Diese Gebiete gingen küstenwärts in die größeren Lagunenbereiche der Schillsande über, aus denen auch noch einzelne Brackwasserschübe (durch Windstau u. ä.) abzuleiten sind. So zeigen die Mollusken-Zönosen rein limnische bis oligohaline Verhältnisse an.

Aus der Entwicklung der Fauna der Brackwassermolasse Ostniederbayerns, des Ulm-Kirchberger Raumes und Niederösterreich-Mährens und ihrer Endemismen ergibt sich eindeutig, daß alle 3 Bereiche getrennte Becken darstellen und auch zwischenzeitlich keine Verbindung — zumindest nach Südosten — mehr bestand.

Für die einzelnen Einheiten der bayerischen Oncophoraschichten läßt sich eine zeitschräge Ablagerung ableiten 1. aus der Entwicklung der Fazies, 2. durch den Beweis gleichzeitiger Ablagerung verschiedener Fazies und 3. durch das die Profile schräg schneidende Auftreten bzw. Erlöschen von Leitfossilien.

Somit ergibt sich für Ostniederbayern ein kontinuierlicher einmaliger Aussüßungsvorgang vom vollmarinen und brachyhalinen (OMM) über den pliohalinen bis zum infrahalinen (Oncophoraschichten, BM) und schließlich endgültigen Süßwasserbereich (OSM).

Summary

The Oncophora Beds of the Lower Bavarian brackish water molasse are divided into 7 mappable units:

	Lakustrische Schichten
	Uniosande
Upper Oncophora Beds	Schillsande
	Aussüßungshorizont
	Glimmersande
Lower Oncophora Beds	Schillhorizont
	Mehlsande

This seven-fold succession represents a continuous trend towards the freshening of the Miocene brackish water sea linked to its infillings and downward warping. Such a conclusion is indicated by both the bio- and litho-facies.

The Mehlsande and the equivalent Brackische Mergel of Aidenbach were deposited in the central areas of the brackish sea. The water, 20 to 30 m.

deep, was quiet, pliohaline and did not offer good living conditions. Nearer the shoreline at a critical zone of perhaps some 10 m. depth autochthonous *Sohle-n-pflaster*, formed from migrating sandbanks, coalesced to create the *Schillhorizont*. From this line to the shore itself the *Glimmersande* were deposited. They indicate conditions of optimal aeration of the sea floor although continual movement of sediment associated with rising turbulence inshore created an increasingly unsuitable environment for molluscs. On the vertical profile of any given locality the end of the *Glimmersande* marks the close of the open brackish sea.

The Upper *Oncophora* Beds begin with the heterogenous sequence of the so-called *Ausüßungshorizont*. Mostly this has a root horizon at its base representing the vegetation belt associated with the back-beach embankments and with the levees of distributary river systems. Sand layers with freshwater molluscs such as *Unio* are suggestive of the correctness of this interpretation. Behind these barriers shallow limnic (oligohaline) lagoons existed with a typical fauna and, at least marginally, a rich flora.

There is a gradual transition from the beds just described into the *Schillsande* which were formed in large shallow lagoonal areas to the rear of the coastline. Compaction played an important role in their life allowing more or less frequent invasions of the rivers or the sea. The mark of this facies is a poikilohaline faunal succession originating in water of little depth and associated with a variety of lithologies.

The *Uniosande* are a fluvial succession with molluscs of meandering river systems. Deposition occurred in the area just upstream of the mouths of distributaries, an environment suggested by the occasional evidence of brackish water sediments.

Areas between these river systems were occupied by cut-off meanders and lakes where the *Lakustrische Schichten* were deposited. In the direction of the coastal lagoons they merge gradually into the *Schillsande*. The very occasional incursion of the sea into this area is suggested by certain rare elements in the molluscan coenoses.

The brackish water faunas of eastern Lower Bavaria belong to three basins (*Kirchberg/Ulm*, Eastern Bavaria and *Niederösterreich/Mähren*) a fact testified to by the individual distinctiveness of the evolution of the fauna in each case. It is also evident that little or no free passage existed between the three areas during their existence.

Each lithofacies of the Bavarian *Oncophora* Beds is diachronous as shown by facies' development, the simultaneous deposition of different lithologies and by the obliquity of any given lithology to the time planes of guide fossils.

The geological evidence from the *Molasse* thus indicates a gradual, but continuous progression from fully marine to final fresh water conditions with all intermediate stages represented — full marine to slightly reduced salinity (*Upper Marine Molasse*), brackish to very reduced salinity (*Brackish Water Molasse*: the *Oncophora* Beds) and fresh water (*Upper Freshwater Molasse*).

Inhalt

A. Vorwort	330
B. I. Die Grundlagen der Untersuchungen	331
1. Die bisherigen Auffassungen	331
a) WITTMANN (1957)	331
b) MAYR (1957)	332
c) SCHAUERTE (1963)	332
d) GRIMM (1963; 1964)	334
e) SCHLICKUM (1964 a)	334
f) BUCHNER (1967)	335
2. Die Nomenklatur	335
3. Das aktuogeologische Konzept	337
4. Die Verbreitung der Schichten	338
II. Der Ablauf der Aussüßung und Verlandung innerhalb der faziellen Einheiten	339
1. Der Mehlsand-Bereich	339
2. Der Schillhorizont	345
3. Der Glimmersand-Bereich	352
4. Der Bereich des Aussüßungshorizontes	355
5. Der Schillsand-Bereich	364
6. Die Uniosande	370
7. Die Lakustrischen Schichten	375
C. Die Schlußfolgerungen	380
1. Die Abschnürungen des Beckens	380
2. Die zeitschräge Lage des Profiles	383
3. Der einheitliche Ablauf der Aussüßung	386
D. Schriften	389

A. Vorwort

WITTMANN hat sich in seiner grundlegenden stratigraphischen Arbeit (1957) auch mit dem Aussüßungs- und Verlandungsprozeß, welcher die Sedimentation der Brackwassermolasse Niederbayerns bestimmt hat, befaßt. Da petrographische und geologische Befunde nicht genügend Anhaltspunkte hergeben konnten, lag für ihn der Versuch nahe, auch die abgelagerten Mollusken mit ihrer hohen ökologisch-biologischen Aussagekraft auszuwerten. Er hat hierbei aber die Taxonomie der Fauna und somit ihre synökologischen Aussagen nicht hinreichend berücksichtigen können. Das Schrifttum zur Biologie des Brackwassers hat er nicht ausgewertet. So gelangte WITTMANN, wie SCHLICKUM in seiner Arbeit über die Molluskenfauna des Gebietes (1964 a: 49, 50) bereits nachgewiesen hat, zu Vorstellungen, welche einer biologischen Überprüfung nicht standhalten.

Inzwischen hat GRIMM (1964) versucht, unter Weiterentwicklung der Auffassungen WITTMANNs zu einer Darstellung des Aussüßungs- und Verlandungsprozesses zu gelangen. Zur näheren Begründung seiner Ansichten hat er sich ebenfalls auf das malakologische Gebiet begeben, ohne die biologisch-ökologischen Aussagen zutreffend zu würdigen und auszuwerten. Seit der Zeit von AMMONS (1887) sind unsere Kenntnisse gerade über die unterschiedlichen Biotope außerordentlich gewachsen. So sollte versucht werden, die Geschichte der Brackwassermolasse des östlichen Niederbayerns nicht nur unter tektonisch-stratigraphischen Aspekten

(GRIMM 1964), sondern auch unter modernen bio- und petrofaziellen Gesichtspunkten zu klären, um ein natürliches Bild des Ablaufes zu erhalten.

Die Ausführungen GRIMMS haben uns veranlaßt, den malakologischen, sowie bio- und petrofaziellen Befund erneut zu überprüfen. Das Ergebnis ist die vorliegende Arbeit. An der Grundauffassung von SCHLICKUM (1964 a) hat sich nichts geändert. Wir können aber heute ein wesentlich modifizierteres und schärferes Bild über den Ablauf der Aussüßungs- und Verlandungsvorgänge geben.

Angregende Diskussionen vor und während der Abfassung des Manuskriptes sind uns eine nützliche Hilfe gewesen. So möchten wir uns auch an dieser Stelle bei Prof. Dr. U. JUX, Geologisches Institut Köln, Dr. H.-E. REINECK, Dr. W. F. GUTMANN und Dr. H. HERTWECK von der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft, Dr. P. ČTYROKÝ, Geologische Zentralanstalt Prag, und Dr. H. ZÖBELEIN, Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, München, recht herzlich bedanken. Dr. J. T. RENOUF, St. Brelade, Jersey, verdanken wir die englische Zusammenfassung. Im Rahmen eines größeren Untersuchungsprogrammes waren dem einen der beiden Autoren (STRAUCH) von seiten der Deutschen Forschungsgemeinschaft die Geländeuntersuchungen ermöglicht worden. Auch ihr gilt unser herzlicher Dank.

B. I. Die Grundlagen der Untersuchungen

1. Die bisherigen Auffassungen

a. WITTMANN (1957)

Die Brackwassermolasse Niederbayerns gliedert WITTMANN (1957)¹⁾ erstmalig in 4 „Einheiten“ (I—IV) mit den Bezeichnungen „Mehlsande“ (: 56), „Glimmersande“ (: 64), „Schillsande“ (: 75) und „Süßwassersande und -Mergel“ (: 79) (Tab. 1). Außerdem rechnet er zwei Horizonte, welche er „Schillhorizont“ (: 62) und „Aussüßungshorizont“ (: 70) nennt, den Glimmersanden als „Leithorizont“ (1—2) in der Weise zu, daß er den Schillhorizont als „Basis“ (: 93, 95) und den Aussüßungshorizont als obersten (höchsten) Teil der „Glimmersande“ (: 73) bezeichnet. Die „Uniosande“ ZÖBELEINS (1940: 246) sieht WITTMANN als untersten Teil der Süßwassersande und -Mergel an (: 79—80).

In der Aussüßungsfrage geht WITTMANN von der auf einer unzureichenden Beurteilung der eingelagerten Mollusken beruhenden²⁾ Ansicht aus (vgl.

¹⁾ Zur Diskussion der älteren Literatur vgl. WITTMANN (1958), GRIMM (1963, 1964) und SCHLICKUM (1964 a).

²⁾ Wenn man
a) die Arten der im Brackwasser lebenden Gattung *Congeria* PARTSCH 1863 als solche der Süßwassergattung *Dreissena* VAN BENEDEN 1835 (unter der ungültigen Bezeichnung *Dreissensia* VAN BENEDEN) aufführt, obwohl DUNKER seine Art *amygdaloides* bereits 1851, also vor über 100 Jahren, als *Congeria* beschrieben hat, und obwohl die Gattung *Dreissena* erst im Pannon entstanden ist, Fortsetzung Seite 332 unten

SCHLICKUM 1964 a: 49—50), daß sowohl der Aussüßungshorizont wie auch die „Süßwassersande und -Mergel“ bereits voll ausgesüßt gewesen wären. Da er außerdem glaubt, zwischen den beiden von ihm angenommenen Aussüßungsphasen Übereinstimmungen feststellen zu können, gelangt er zu der Annahme von zwei „Rhythmen der Sedimentation im Sinne einer Wechselfolge von ruhigen Sedimentationsbedingungen mit darauf folgender Unruhe im Absatzraum“ (: 94).

Eine konkrete ökologisch-biologische Vorstellung gibt WITTMANN nicht.

b. MAYR (1957)

MAYR folgt im wesentlichen der stratigraphischen Auffassung WITTMANN'S (Tab. 1). Auf einige besondere, zum Teil im Gegensatz zu WITTMANN stehende, interessante Einzelbeobachtungen MAYR'S werden wir noch eingehen. Zum Aussüßungsvorgang äußert sich MAYR nicht.

c. SCHAUERTE (1963)

In seiner stratigraphischen Darstellung weicht SCHAUERTE (1963)³⁾ weniger in sachlicher, als in nomenklatorischer Hinsicht von der Auffassung WITTMANN'S ab, nämlich insofern, als er ohne nähere Begründung auch den Schillhorizont, den Aussüßungshorizont und die Uniosande als selbständige Einheiten behandelt (: 6), aber andererseits die „Limnischen Süßwasserschichten“ aus den „Brackischen Schichten“ (= Oncophoraschichten im Sinne SCHAUERTE'S) ausklammert und zusammen mit den hangenden fluviatilen Süßwasserschichten zu „Süßwasserschichten“ (: 19, 104) zusammenfaßt (Tab. 1). Diese Zusammenfassung beruht auf der unzutreffenden Annahme, daß auch die „Limnischen Süßwasserschichten“, ihrer in jeder Weise unglücklichen Bezeichnung entsprechend, vollständig ausgesüßt wären.

Die WITTMANN'SCHE Ansicht von Sedimentations-Rhythmen modifiziert SCHAUERTE (1963: 132) in der Weise, daß er zwei Zykloteme aufstellt. Er geht

- b) die brackisch auftretende Gattung *Clithon* MONTFORT 1810 und die Süßwassergattung *Theodoxus* MONTFORT 1810 unter der (seit der Jahrhundertwende nicht mehr gültigen) Bezeichnung *Neritina* LAMARCK 1816 zusammenfaßt,
 - c) der Tatsache nicht Rechnung trägt, daß die im Aussüßungshorizont in großer Individuenzahl auftretenden Hydrobiiden (*Hydrobia* HARTMANN 1821 und *Nematurella* SANDBERGER 1874) auf Brackwasser hinweisen,
 - d) nicht bedenkt, daß Süßwassergastropoden und -Lamellibranchiaten auch in Brackwasser vorstoßen können,
- kann man naturgemäß nicht zu genauen Ergebnissen gelangen. Nur so erklärt es sich, daß WITTMANN (: 86) für den Aussüßungshorizont zu dem Ergebnis kommt, „die Arten der Gattungen *Unio*, *Helix*, *Planorbis*, *Ancylus*, *Neritina*, *Melanopsis*, *Dreissensia*“ (er versteht hierunter die Gattungen *Unio* bzw. *Anodonta*, *Cepaea*, *Planorbarius* bzw. *Gyraulus*, *Ancylus*, *Theodoxus* bzw. *Clithon*, *Melanopsis*, *Congeria*) belegten . . . „ e i n d e u t i g e Süßwasserverhältnisse“! (Sperrung durch uns).

³⁾ Die Arbeit SCHAUERTE'S ist nur als Dissertation gedruckt worden. Sie trägt zwar das Erscheinungsjahr 1962, ist aber — nach brieflicher Mitteilung — erst Ende 1963 (während der Drucklegung der Arbeit SCHLICKUM [1964 a]) erschienen.

WITTMANN 1957: 87	MAYR 1957: 329	SCHAUERTE 1963: 6	GRIMM 1964: 150	NEUE DEUTUNG
OSM	OSM	OSM	OSM	OSM
Süßwassersande und -mergel Uno-Sande u. Äquivalente Schillsande Aussüßungshorizont Glimmersande Schillhorizont Mehlsande SüßBRACKWASSERMOLASSE	Limnische Süßwasserschichten Uno-Sande Schillsande Aussüßungshorizont Glimmersande Schillhorizont Mehlsande SÜßBRACKWASSERMOLASSE ONCOPHORA - SCHICHTEN	Süßwassersande und -mergel Limnische Süßwassersch. Uno-Sande Schillsande Aussüßungshorizont Glimmersande Schillhorizont Mehlsande SüßBRACKWASSERMOLASSE ONCOPHORA - SCHICHTEN	Süßwassersch. Süßwassersande und -mergel Limnische Süßwassersch. Uno-Sande Schillsande Aussüßungshorizont Glimmersande Schillhorizont Mehlsande SüßBRACKWASSERMOLASSE ONCOPHORA - SCHICHTEN	Lakustrische Schichten Uno-Sande Schillsand - Bereich Bereich des Aussüßungshor. Glimmersand - Bereich Schillhorizont Mehlsand - Bereich ONCOPHORA - SCHICHTEN (BRACKWASSERMOLASSE) OMM
OSM	OSM	OSM	OSM	OSM
SüßBRACKWASSERMOLASSE OMM	SÜßBRACKWASSERMOLASSE OMM	SÜßBRACKWASSERMOLASSE OMM	SÜßBRACKWASSERMOLASSE OMM	OMM

Tab. 1: Disherige und neue stratigraphische Gliederungen der ostniederbayerischen Brackwassermolasse. Die Pfeile geben den von den einzelnen Verfassern gedachten Zeitablauf an.

hierbei soweit, sie in je eine rhythmisch wiederkehrende Ingressionsphase, eine Zuschüttungsphase und in eine abschließende Emersionsphase zu gliedern, auf die er ein tektonisches Gebäude errichtet (: 131—132).

d. GRIMM (1963; 1964)

Auch GRIMM wiederholt, im ganzen gesehen, die stratigraphische Ansicht WITTMANNs, wenn man davon absieht, daß GRIMM die „Süßwassersande und -mergel“ WITTMANNs unter Beibehaltung als Oberbegriff⁴⁾ in die Uniosande (ZÖBELEIN 1940: 246) und die „Limnischen Süßwasserschichten“ (GRIMM 1957: 103) unterteilt (1964: 145, 155—156) (Tab. 1). GRIMM versucht darzulegen, daß sich die Aussüßung zum ersten Mal entsprechend WITTMANNs (1957) Annahme im sogenannten Aussüßungshorizont und zum zweiten Male — nun endgültig — innerhalb der „Limnischen Süßwasserschichten“ vollzogen habe. So übernimmt er das Schema SCHAUERTEs und spricht von zwei Sedimentationszyklen, deren Ursache eine tektonische Hebung des Gebietes zu Beginn der Ablagerung des „Aussüßungshorizontes“ und eine entsprechende Absenkung zu deren Ende sein soll (1964: 145, 164—166, 171, 173).

Die konkrete Vorstellung GRIMMs beschränkt sich auf die Annahme, daß von den Mehlsanden bis zum Beginn der Ablagerung der „Limnischen Süßwasserschichten“ ein „Brackmeer“ (: 166) in Gestalt eines „einheitlich durchströmten Beckens“ (: 145, 168) vorgelegen habe, das erst dann in eine „Seen- und Tümpellandschaft“ (: 145) aufgelöst worden sei. Nähere Angaben darüber, wie er sich ein „einheitlich durchströmtes Becken“ vorstellt, macht GRIMM nicht.

e. SCHLICKUM (1964 a)

SCHLICKUM hat in seiner Arbeit über die Molluskenfauna (1964 a) die Brackwassermolasse Niederbayerns mit eingehender ökologischer Begründung (: 37—49) in 7 Horizonte gegliedert:

7. Limnische Süßwasserschichten,
6. Uniosande,
5. Schillsande,
4. Aussüßungshorizont,
3. Glimmersande,
2. Schillhorizont,
1. Mehlsande.

Bei der Darstellung dieser Horizonte hat sich SCHLICKUM auch mit der Aussüßungs- und Verlandungsfrage befaßt und eine biofaziell begründete Ausdeutung des Ablaufs zu geben versucht. Bei dieser aktuogeologischen Betrachtungsweise ge-

⁴⁾ GRIMM faßt die teils brackischen Uniosande und die überwiegend brackischen „Limnischen Süßwasserschichten“ weiterhin unter dem Oberbegriff „Süßwassersande und -Mergel“ zusammen, obwohl er die Uniosande zusammen mit Mehlsanden, Schillhorizont und Glimmersanden einem „einheitlich durchströmten Becken“ zurechnet, die „Limnischen Süßwasserschichten“ dagegen als lagunäre Bildungen ansieht.

langte er im Gegensatz zu WITTMANN (1957) und GRIMM (1963, 1964) für die gesamte Brackwassermolasse Niederbayerns zu einem „einmaligen, einheitlichen Aussüßungsvorgang mit örtlichen Differenzierungen“ (: 57), in den sich die lithofazielle Folge zwanglos eingliedert.

GRIMM (1964: 147, Fußnote 2) meint, gegen SCHLICKUMS Auffassung sprächen „alle geologischen Befunde“. Er begründet seine Ansicht mit den Sätzen:

„Der Aussüßungshorizont, der die brackischen Glimmersande von den ebenfalls brackischen Schillsanden trennt, stellt eine in ganz Ostniederbayern verbreitete, synchrone limnische bis terrestrische Einschaltung mit nur noch schwach brackischen Einflüssen“ dar. Er dokumentiert für kurze Zeit die Herrschaft des Süßwassers über das Brackwasser, wobei es in den einzelnen Inseln sogar zur Verlandung des Beckens kam. Der Aussüßungsvorgang des Miozänmeeres ist somit nicht einheitlich, sondern zyklisch gegliedert verlaufen. Die Grenze zwischen beiden Zyklen liegt zwischen dem Aussüßungshorizont und den Schillsanden und ist durch eine überall wirksame abrupte Aufsalzung des Beckens und damit durch einen markanten Sprung im Milieu und in der Fauna gekennzeichnet“.

Wie wenig stichhaltig diese Bemerkung ist, werden die folgenden Untersuchungen zeigen.

Der gegensätzliche Standpunkt der Darstellungen von WITTMANN (1957), MAYR (1957), SCHAUERTE (1963) und GRIMM (1963, 1964) zu der von SCHLICKUM (1964 a) und der vorliegenden Untersuchung liegt darin, daß für jene Autoren „rock unite“ gleich „time unite“ bedeutet.

f. BUCHNER (1967)

Nach Abschluß des Manuskripts erschien die umfangreiche Zusammenstellung BUCHNERS über die unteren Oncophoraschichten Niederbayerns. BUCHNER übernimmt im Rahmen des Bekannten die Auffassung von WITTMANN (1957), MAYR (1957), SCHAUERTE (1964) und GRIMM (1963, 1964), ergänzt sie durch gefügekundliche Beobachtungen, indem er anorganische und organische Sedimentgefüge — einzeln auch quantitativ — erfaßt. Dabei führt er allerdings keine biologische Funktionsanalyse bioturbater Gefüge durch. Da zu dem von uns behandelten Problemkreis keine neuen Gesichtspunkte gebracht werden, wird im folgenden nur einzeln auf diese Arbeit eingegangen werden.

2. Die Nomenklatur

Für Schichten der miozänen Molasse Süddeutschlands, die den allmählichen Aussüßungs- und Verschüttungsprozeß verschiedener Restbecken repräsentieren, hat LEMCKE den Begriff „Süßbrackwassermolasse“ vorgeschlagen. Er wendet diesen Begriff auf alle Ablagerungen zwischen OMM und OSM an, die noch irgendwie brackische Einschläge zeigen. Diese Bezeichnung hat sich zwar seit

⁵⁾ GRIMM erwähnt hier im Gegensatz zu seinem Schaubild (: 150) „schwach brackische Einflüsse“. Einen Satz später sagt er aber, der Aussüßungshorizont dokumentiere für kurze Zeit die „Herrschaft des Süßwassers über das Brackwasser“. Wasser mit einem Salzgehalt in den Grenzen von 0,5—3 ‰ ist immer noch (oligohalines, im Sinne vom REMANE 1958) Brackwasser, also kein Süßwasser!

LEMCKE, VON ENGELHARDT & FÜCHTBAUER (1953: 35) eingebürgert (GRIMM 1964: 148—149). Auch SCHLICKUM hat sie bis jetzt gebraucht. Andererseits hat SCHLICKUM (1964 a) aber bereits nachgewiesen, daß die Ablagerungen zwischen der OMM und OSM Niederbayerns bis in den obersten Horizont — die „Limnischen Süßwasserschichten“ GRIMMS — hinein brackisch sind. Da auch in diesem Horizont völlig ausgesüßte Lagen noch die Ausnahme darstellen (SCHLICKUM 1964 a: 48—49), sehen wir keine Veranlassung mehr, das „süße“ Element weiter besonders zu betonen. In dieser Darstellung wird daher der Begriff „Brackwassermolasse“ benutzt⁶⁾, wie er auch schon auf der geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000 (1954) zu finden ist.

Da sich auch herausgestellt hat, daß die Gattung *Rzehakia* KOROBKOV 1954 (= *Oncophora* RZEHAK 1882), wenn auch nur vereinzelt, bis in die „Limnischen Süßwasserschichten“ vorstößt (SCHLICKUM 1964 a: 34, 48), kann für den gesamten Schichtenkomplex der Brackwassermolasse Niederbayerns die alte Bezeichnung „Oncophoraschichten“ beibehalten werden⁷⁾. GRIMM glaubt zwar, dieser Begriff sei mit der Verwendung der LEMCKESCHEN „Süßbrackwassermolasse“ überflüssig geworden. Aber abgesehen davon, daß die „Oncophoraschichten“ in jedem Falle Priorität besäßen, ist die (obere) „Brackwassermolasse“ ein Überbegriff, zu dem ebenso die Kirchberger-Schichten⁸⁾ wie nur aus Bohrungen bekannte, nicht sicher zuordbare Brackwasserablagerungen zu stellen sind.

WITTMANN'S (1957) Benennungen der kartierbaren Einheiten (vgl. hierzu auch ZÖBELEIN 1940) erscheinen zum Teil unglücklich gewählt. Solange man sie nur als lithofazielle Begriffe auffaßt, — und so werden sie im folgenden auch nur gebraucht —, ist dies angängig. Keinesfalls sollten sie als chronologische Begriffe oder in ökologisch-genetischem Sinne gesehen werden. Da in der vorliegenden Arbeit aber nicht nur die lithofaziellen oder biofaziellen Komplexe isoliert betrachtet, sondern ökologisch und genetisch ausgedeutet werden, müssen die verschiedenen Lebensbereiche (die selbstverständlich bis zu einem gewissen Maß durch die lithofaziellen Einheiten repräsentiert sind) begrifflich umrissen werden, solange sie sich nicht mit den lithofaziellen Einheiten WITTMANN'S decken. Daher wird hier von den

⁶⁾ Das Wort „Süßbrackwassermolasse“ (ohne Bindestrich) dürfte in jedem Fall abzulehnen sein, einmal weil es den zeitlichen Ablauf umkehrt (von süß nach brackisch), und zum anderen, weil es sprachlich widersinnig ist. Man müßte dann schon von Brack-Süßwasser-Molasse (mit zwei Bindestrichen) sprechen.

⁷⁾ Dieser Begriff wird auch in den Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern (2. Aufl., 1964: 187) verwendet. Auch sollte man das Wort „Oncophoraschichten“ nicht durch „Rzehakiaschichten“ ersetzen (GRIMM 1964: 150). Es dürfte nicht sachdienlich sein, die eingeführten stratigraphischen Bezeichnungen den jeweiligen Änderungen der zoologischen Nomenklatur folgen zu lassen. Man sollte sie vielmehr schon aus Gründen der Stetigkeit und Priorität als eigenständige Namen behandeln, welche nur einer stratigraphischen Nomenklatur unterliegen.

⁸⁾ In den Kirchberger-Schichten ist *Rzehakia* nur im Viviparen-Horizont beobachtet worden (PFANNENSTIEL 1931; SCHLICKUM 1963: 8).

Bereichen der Mehlsande, der Glimmersande, der Schillsande und des Aussüßungshorizontes gesprochen werden.

Während ansonsten die Bezeichnungen WITTMANN'S (1957: Mehlsande, Glimmersande, Schillsande, Schillhorizont) und ZÖBELEIN'S (1940: Uniosande) als lithofazielle Begriffe weiterhin benutzt werden, wird der irreführende Ausdruck „Limnische Süßwasserschichten“ (GRIMM 1957: 103) verworfen. Die Begründung hat bereits SCHLICKUM (1964 a: 50, Fußnote 40) gegeben: „Die Bezeichnung „Limnische Süßwasserschichten“ ist denkbar unglücklich. Zu der Tatsache, daß die Schichten zu einem wesentlichen Teil noch brackisch sind, tritt auch noch ein häßlicher Pleonasmus!“ Limnisch bedeutet in der wissenschaftlichen Terminologie Süßwasserbezogen, nicht aber See-bezogen, in diesem Falle müßten die Termini eulimnisch oder lakustrisch verwandt werden. Statt „Limnische Süßwasserschichten“ wird hier daher der Begriff „Lakustrische Schichten“ eingeführt.

3. Das aktuogeologische Konzept

Aus dem Abriß der bisherigen Auffassungen über die Entwicklung der Brackwassermollusken in Niederbayern geht bereits die Diskrepanz hervor, die zwischen den Meinungen besonders von SCHAUERTE (1963) und GRIMM (1963, 1964) einerseits und SCHLICKUM (1964 a) andererseits herrscht. Während SCHLICKUM (1964 a) verschiedene Faziesbereiche nebeneinander sieht, wird von den anderen Autoren betont, daß die einzelnen Glieder der Oncophoraschichten in sich alterskonstant seien. GRIMM nimmt jeweils einen „synchronen Sedimentumschlag“ (1964: 167) an den Grenzen der Faziesseinheiten Mehl-, Glimmer- und Schillsande an. Auch den sogenannten Aussüßungshorizont hält er für eine „synchron limnische bis terrestrische Einschaltung“ (: 147). Während für das größere Becken der Oberen Meeresmolasse, welches sicherlich noch nicht so sehr zur Differenzierung geneigt hatte, noch „deutliche laterale Veränderungen“ konstatiert werden (MAYR 1957: 367), werden sie für den eingegengten Bereich der Brackwassermolasse geleugnet: „Küstenferne und -nähere Bereiche enthalten das gleiche Sediment“ (GRIMM 1963: 227). Sedimentationsänderungen sind nach GRIMM (1964: 167) „an Katastrophen“ gebunden und deuten „sprunghafte Änderungen in der Salinität“ an.

Hieraus werden Schemata tektonischer Abfolgen entwickelt, die ein gekünsteltes Bild der Sedimentationsentwicklung ergeben, das keinem vergleichbaren rezenten Beispiel standhält. Es ist unwahrscheinlich und entspricht nicht den Erfahrungen, die Studien in den rezenten Sedimentationsgebieten zulassen, daß sedimentäre wie biologische Faziesgrenzen über solche Distanzen („40 km vom Inn bis zur Vils“, GRIMM 1963: 227) in einem begrenzten Raum wie dem ostniederbayerischen Molassebecken synchron verlaufen sollen oder daß ein faziell einheitlicher Horizont wie der sogenannte Aussüßungshorizont in seiner gesamten bekannten Ausdehnung altersgleich ist. Rezent lassen sich stets aufgrund unterschiedlicher physiographischer Verhältnisse unterschiedliche Faziesbereiche erkennen. Im Bereich des Mündungsgebietes eines Flusses sind andere Faziesbilder zu erwarten, als im Eulitoral oder im zentralen tiefen Bereich eines Beckens. So liegt es auch im Ge-

biet der Brackwassermolasse Ostniederbayerns nahe, daß sich übereinander beobachtbare Faziesseinheiten im Sinne der Regel der „Korrelation der Fazies“ nach J. WALTHER auch in der Zeitgleiche nebeneinander nachweisen lassen müssen. Dann aber bedeuten wechselnde Sedimentationsverhältnisse nicht einschneidende paläogeographische Änderungen (GRIMM 1963: 240), sondern nur Verschiebung der paläogeographischen Gliederung.

Aus der Anwendung dieses aktualistischen Prinzips (der „WALTHERschen Faziesregel“) ist zu fordern, daß die Oncophoraschichten in ihrer Gesamtheit Produkt eines einheitlichen Aussüßungs- und Verlandungsvorgangs innerhalb des ehemaligen Beckens der OMM darstellen, die allenfalls von säkularen Bewegungen des Untergrundes kontrolliert oder modifiziert werden. Unter diesen Gesichtspunkten sollen alte und neue Untersuchungsergebnisse über den Ablauf der Sedimentation der Brackwassermolasse diskutiert werden. Hierbei wird versucht, aktuogeologische Beispiele heranzuziehen. Aus voll marinen wie brackischen Flachmeeren liegen genügend Beispiele vor (z. B. REMANE 1958; SCHÄFER 1962 u. a.). Auch über die Einschüttungszonen an den Küsten, die Flußmündungsbereiche, sind Untersuchungen vorhanden. Besonders wertvoll erscheinen uns die modernen Untersuchungsbefunde aus großen Deltagebieten, und hier besonders aus dem des Mississippi. Die Arbeiten von RUSSELL (1936), EMERY & STEVENSON (1957), WELDER (1959) und FISK (1960) zeigen das Nebeneinander verschiedener Fazies, die sich im Zeitablauf übereinander hinwegschieben. Sich weit in die offene See hineinschiebende Flußmündungsarme bilden mit ihren Ufer- und Strandwällen Barrieren, zwischen denen stark ausgesüßte Regionen liegen können, während im rückwärtigen Bereich noch weite Becken brackischen Milieus vorhanden sind. Gerade dieses Bild gibt Hinweise zur Interpretation besonders der Oberen Oncophoraschichten (Bereich des Aussüßungshorizontes bis zu den Lakustrischen Schichten).

4. Die Verbreitung der Schichten

Im östlichen Niederbayern ist die Brackwassermolasse übertage in einem maximal nur wenig über 20 km breiten Ausbiß — oft wesentlich schmaler — zwischen den Flüssen Vils und Inn aufgeschlossen. Diesen Ausstrich zwischen Aidenbach und Simbach/Inn durchschneidet die Rott etwa in der Mitte (vgl. auch Abb. 4). Im oberösterreichischen Gebiet sind einige Flecken der Brackwasserschichten entblößt (vgl. WITTMANN 1957: 61).

Aus dem westlichen Bereich des deutschen Molassebeckens sind die besonders südwestlich von Ulm anstehenden Kirchberger Schichten seit langem bekannt. Zwischen beiden Regionen vermittelnde Tagesaufschlüsse fehlen. Nur in der subalpinen Molasse sind noch miozäne Brackwasserbildungen vereinzelt oberflächlich sichtbar, so an der Ratzinger Höhe bei Tettenhausen am Waginger See und im Kaltenbach-Graben (GANSS 1955: 22; 1956: 473). Durch jüngste Bohrungen ist die Fortsetzung der Brackwassermolasse vom östlichen Niederbayern aus bis weit nach Westen bewiesen, ohne daß sich allerdings die Faziesentwicklung dieses Raumes sicher verfolgen ließe.

Aufgrund der Molluskenfauna kommt bereits SANDBERGER (1874: 555) zu dem Schluß, daß die Kirchberger Schichten und die Oncophoraschichten Niederbayerns „getrennten und selbständigen Becken angehört haben“. GÜMBEL (1887: 324) hingegen sah Beziehungen zwischen beiden Regionen, dem aber VON AMMON (1887: 21) bereits widersprach. In jüngerer Zeit ist diese Frage von PAPP (1955) wieder aufgegriffen worden. Durch die faunistische Untersuchung von SCHLICKUM (1964 a, insbesondere : 36—37; vgl. auch SCHLICKUM & ČTYROKÝ 1965: 107, Fußnote 4) dürfte sie sicher im Sinne SANDBERGERS geklärt sein. Auch petrofazielle Studien bestätigen diese Ergebnisse (FÜCHTBAUER 1955: 529).

II. Der Ablauf der Aussüßung und Verlandung innerhalb der faziellen Einheiten

1. Der Mehlsand-Bereich

a.

Wie die meisten der folgenden Schichtglieder stellt die von WITTMANN (1957: 56) als Mehlsande⁹⁾ beschriebene unterste kartierbare Einheit der Oncophoraschichten eine gut charakterisierte Petrofazies dar. Ergänzungen bringen MAYR (1957) und GRIMM (1963). Zum besseren Verständnis sei hier wie auch bei den folgenden Schichtgliedern vorweg das Gestein in seiner Beschaffenheit kurz umrissen.

Die charakteristische Farbe der Mehlsande ist nach WITTMANN (1957: 57) „ein gleichmäßiges, blasses Beige, das stellenweise einen mehr khakifarbenen Ton annimmt . . . Nach der Korngrößenverteilung handelt es sich um einen Feinsand“ bis Grobschluff in wechselnden Anteilen. Die Einzelkörner zeigen einen eckigen Habitus. Ein wechselnder Kalkgehalt ist bezeichnend.

„Die Textur ist feinschichtig im mm- bis cm-Bereich, häufig mit enggespannter Schrägschichtung, rasch ausdünnender Flaserschichtung und kleinsten Rippelmarken, selten auch mit Fließwülsten infolge submariner Gleitungen. Im Nordteil des Verbreitungsgebietes . . . werden die Mehlsande faziell vertreten von den ungeschichtet und kompakt erscheinenden, speckig blaugrauen Brackischen Mergeln . . .“ (GRIMM 1963: 225).

⁹⁾ Der Begriff Mehlsand ist hier nicht nur wie ansonsten üblich ein Begriff der Korngröße, er ist auch nach der Eigenschaft des Sediments gewählt, beim Zerreiben zwischen den Fingern einen mehligem Belag zu hinterlassen (WITTMANN 1957: 57). Der Begriff „Mehlsand“ ist als Klassifikationsbezeichnung nicht mehr üblich.

b.

In faunistischer Hinsicht¹⁰⁾ sind die Mehlsande durch eine augenfällige Artenarmut gekennzeichnet. Es fanden sich nur 4 Molluskenarten:

Ctyrokyia hoelzli (SCHLICKUM¹¹⁾)

Congeria sp.

Limnopagetia bavaria (AMMON)

Rzebakia guembeli (GÜMBEL).

Während die Cardiide *L. bavaria* eine normale Ausbildung besitzt, tritt die euryhaline *Rzebakia guembeli* nur in einer ausgesprochenen Kümmerform auf (SCHLICKUM 1964 a: 38, T. 5, Fig. 75). Beide Arten finden sich weitgehend in Todesstellung, also mit nach unten geöffneten Klappen (vgl. hierzu SCHLICKUM 1964 a: 38, insbesondere Fußnote 20).

Auch Reste anderer Organismen, die Hartteile hinterlassen, sind selten. HAGN (1955: 343) beobachtete in den Oncophoraschichten der Bohrungen Ortenburg CF 1001—1003 — vielleicht den Äquivalenten der Mehlsande — neben spärlichen, kleinwüchsigen Foraminiferenfaunen einzelne Ostrakoden und Diatomeen. Wir konnten nur selten Foraminiferen, hingegen häufig Ostrakoden in den Mehlsanden beobachten. Eine relativ arten- und individuenreiche Ostrakodenfauna bergen besonders die brackischen Mergel¹²⁾, deren Molluskenführung im Verhältnis zu den Mehlsanden etwas geringer ist.

c.

Lithofaziell entwickelten sich die Mehlsande mit wechselnd scharfer Grenze aus den unterlagernden Schichten der Oberen Meeresmolasse. Der Faziesumschlag erfolgt besonders im Norden des Gebietes rasch; hier ist nach WITTMANN (1957: 61) die Grenze scharf. Einen mehr allmählichen Übergang zeigen die Mehlsande im Bereich des Inns. So bildet MAYR (1957: 317) aus dem südlichen Verbreitungsgebiet eine 20 m mächtige Übergangsfolge von Glaukonitsand zu mergeligem, schluffigem Feinsand von St. Anna ab. Daß dieser generelle Zug auch Ausnahmen gestattet, zeigt ein Aufschluß bei Münchham (ca. 4 km n/w Ering am Inn), wo Mehlsande mit recht scharfer Grenze mergeligen Sanden der OMM auflagern. Direkt an ihrer Basis findet sich hier *Rzebakia* in Lebensstellung, während knapp 1 m darunter noch Naticiden und *Nuculana* marine Faunenelemente darstellen.

Allerdings treten in den obersten Bereichen der OMM die vollmarinen Mollusken bereits stark zurück. Die Fauna besteht nur noch aus wenigen, euryhalinen Ar-

¹⁰⁾ Wegen der Faunenlisten vgl. SCHLICKUM 1960, 1961, 1962, 1964 a, 1964 b, 1965, 1967, 1968. Weiteres Material ergab sich bei einer gemeinsamen Aufsammlung im April 1966.

¹¹⁾ Die Gattung *Ctyrokyia* ist von SCHLICKUM (1965: 100) für *Staliopsis*-ähnliche Arten ohne Mündungswulst aufgestellt worden.

¹²⁾ Die Ostrakoden der ostniederbayerischen Brackwassermolasse werden zur Zeit im Geologischen Institut der Universität zu Köln bearbeitet.

ten, die oft dazu nur in geringer Anzahl und als Kümmerformen zu beobachten sind, so daß für den obersten Teil der OMM mit bereits stark erniedrigtem Salzgehalt gerechnet werden muß, PAULUS (1964: 25) spricht daher von „niedermarin“. HAGN (1955: 343) stellt schon für das Mittel-Helvet¹³⁾ (OMM) „eine zunehmende Verschlechterung der Lebensbedingungen in der Artenarmut und Kleinwüchsigkeit der Foraminiferen“ fest. Typische Brackwasserformen — ohne marine Elemente — treten meist erst mit der „massigen“ Entwicklung der Staubsandfazies der Mehlsande auf.

WITTMANN (1957: 61) konnte die Mehlsande in einer N-S-Erstreckung von fast 50 km und einer E-W-Erstreckung von 25 km nachweisen, wobei die Fazies weitgehend konstant bleibt. Dennoch lassen sich, wie Notizen WITTMANNs und MAYRS neben eigenen Beobachtungen zeigen, Unterschiedlichkeiten besonders in der N-S-Richtung nachweisen, die ein Bild auf die physiographischen Verhältnisse werfen.

Die Mächtigkeit¹⁴⁾ ist wie bei allen Gliedern der Oncophoraschichten relativ klein. Nimmt man noch geringe tektonische Ausgleichsbewegungen oder bevorzugte Sedimentation in Absenkungsbereichen an, so ergeben sich für den ehemaligen Beckenboden bei den gegebenen räumlichen Dimensionen relativ schwache Gefällswinkel. Rutschungen sind nur im südlichen Bereich vereinzelt beobachtet worden. WITTMANN (1957: 59) und MAYR 1957: 322) nennen Beispiele aus dem Raum nördlich des Inns bei Strickberg und Edmühle. In diesem Gebiet ist die größte Mächtigkeit mit nahezu 45 m vorhanden (WITTMANN 1957: 62). Nach N nimmt sie ab, im Bereich der Rottschwelle fehlen diese Sedimente stellenweise vollkommen. GRIMM (1963: 225) nimmt aufgrund der Mächtigkeit der Mehlsande im Inngebiet dort das ehemals Trogtiefste an. In bezug auf die Absenkung des Untergrundes und die maximale Sedimentaufnahme befindet sich hier möglicherweise die tektonische Trogachse. Das Beckentiefste lag sicherlich nicht an dieser Stelle.

Die Korngröße nimmt von Süden nach Norden kontinuierlich ab. Schluffiger Feinsand geht in feinsandhaltigen Schluff über (vgl. GRIMM 1963: 225). Nördlich der Rott schieben sich tonigmergeliger werdende Bänke immer häufiger ein (z. B. Straße Uttlau—Weng). In einem allmählichen Übergang lösen schließlich blaugraue, verwittert auch braungelbe, schluffige bis sandige, mergelige Tone die Mehlsandfazies im Raume südlich der Vils ab. Sehr gut ist diese „Brünner Fazies“ der Mehlsande, die NEUMAIER & WIESENER (1939) und ZÖBELEIN (1940) als „Brackische Mergel“ bezeichnen, in einer Grube in Aidenbach erschlossen (Bl. Aidenbach; r 80 720, h 81 640).

Eine Verminderung der Glimmerentmischung geht der Korngrößenabnahme von S nach N parallel. Nach S hingegen wird das texturale Bild der Serie mannigfaltiger. Schichtablösungsflächen werden deutlicher und häufiger. Ebenso prägen sich mehr und mehr linsige Sandkörper bzw. Sandbänke durch, an ihrer Basis sind

¹³⁾ Zur Diskussion des Alters vgl. SCHLICKUM (1964 a) und ältere Autoren.

¹⁴⁾ Genaue Mächtigkeitsangaben für die einzelnen Einheiten siehe bei WITTMANN (1957), MAYR (1957) und SCHAUERTE (1963).

Klappen und Gehäuse von Mollusken¹⁵⁾ zu Pflastern angereichert. Die Schrägschichtung liegt nicht mehr im mm- oder cm-Bereich.

Diese Anzeichen für ein Nachlassen der Wasserbewegung und Transportkraft von S nach N lassen sich auch im Profil von der Hangend- zur Liegendgrenze ablesen, wo eine leichte Sedimentbewegung und -umlagerung spürbar werden. Hieraus ergibt sich die Tendenz einer zunehmenden Wasserbewegung nach S und somit eine abnehmende Tiefe des Beckens. Diese Verflachung muß sich allmählich nach N vorgeschoben haben.

Sollten im begrenzten Raum des voralpinen Molassebeckens tiefere Meereszonen vorhanden gewesen sein, so dürften sie keine starke Wasserbewegung besessen haben. Dieser Beckenbereich war zu klein und im allgemeinen wohl auch zu flach für größere Tiefenströme, die man als Ausgleichsströmungen zwischen unterschiedlich erwärmten oder salinaren Gewässern deuten müßte. Gezeitenströme sind für den in sich fast geschlossenen niederbayerischen Raum auszuschließen. Oberflächliche Strömungen durch vorherrschende Windrichtungen, sporadischer Wasserstau durch stärkeren Wind oder tiefgreifende Wellenbewegung durch Stürme waren wahrscheinlich allein vorhanden. Am Boden des Beckens ging über den Mehlsanden die Wasserbewegung nicht über eine geringe Strömung hinaus.

Wie die Korngrößenverteilung zeigt auch die Schwermineralvergesellschaftung nach SCHIESSL (1962) und GRIMM (1963) eine Schüttung von S an. Die abgesetzte Sandmenge wurde anfangs noch durch die Absenkung kompensiert, so daß sich der Sedimentfächer nur langsam dem Zentrum des Beckens (Raum Aidenbach?) zuschob. Nur feinste Klastika wurden bis in die tiefsten Regionen, nämlich in die Ablagerungsräume der brackischen Mergel im N geschwemmt, die wir nicht wie GRIMM als „ufernäher“ und „flacher“ abgelagert betrachten können (1963: 225). Die Stelle größter Sedimentmächtigkeit, die Trogtiefe, lag vielmehr im flachen randnahen Bereich des Beckens. Das entspricht Gegebenheiten, wie wir sie heute aus Gebieten kennen, wo ebenfalls viel Sediment vom Lande her eingetragen wird. In großen Deltagebieten werden angelieferte und abgesetzte Sedimentmassen isostatisch kompensiert.

d.

Trotz ihrer geringen Artenzahl (SCHLICKUM 1964 a), erlaubt die Fauna interessante ökologische Rückschlüsse. Unter den Mollusken dürfte die seltene *Congeria* sp., wahrscheinlich an losgerissenen und eingedrfteten Pflanzenteilen oder Holzstückchen angeheftet, aus den Küstenbereichen eingeschwemmt worden sein. *Ctyrokya hoelzli* kommt horizontweise häufig vor. Sie ist hier anscheinend an

¹⁵⁾ In der geologischen Literatur über den behandelten Raum werden stets die Ausdrücke „Schalen“, „Schalenhälften“, „Schneckenschalen“ und „Doubletten“ gebraucht. In der paläontologischen Literatur findet sich der Begriff „Schale“ allgemein nur auf die Substanz bezogen angewandt. Die schützenden Hartteile der Muscheln sind Klappen. Beide Klappen eines Individuums bilden ein Gehäuse. Doubletten können zwei gleiche Klappen einer Art von verschiedenen Fundpunkten sein, so daß man den Begriff „Doubletten“ vermeiden sollte. Schnecken besitzen Gehäuse.

Schichten, die etwas reicher an organischer Substanz waren, gebunden. *Limnopagettia bavarica* tritt regelmäßig, aber verstreut auf. Sie ist bevorzugt in einzelnen Pflastern angereichert¹⁶⁾.

Die häufigste Muschel im gesamten Mehlsandkomplex ist *Rzehakia guembeli*. Die Individuen dieser speziell an das Brackwasser gebundenen Gattung bleiben gegenüber jenen der hangenden Schichten recht klein mit weit nach vorn gerücktem Wirbel (SCHLICKUM 1964 a: 33). Ungünstige Salinitätsverhältnisse dürfen hierfür nicht verantwortlich gemacht werden,¹⁷⁾ verträgt die Art doch sicherlich pliohaline bis mesohaline, vielleicht in noch größerer Toleranz sogar brachyaline bis miohaline Verhältnisse (vgl. Kap. C 3)¹⁸⁾.

Die geringe oder manchmal auch fehlende Wasserbewegung am Grunde der Mehlsandregion mag zu wesentlich geringeren O₂-Gehalten als im Küstenbereich oder an der Wasseroberfläche geführt haben. Dennoch hatte sich hieraus kaum eine wesentliche Einschränkung, sondern nur eine Verlangsamung des Größenwachstums ergeben, da *Rzehakia guembeli* eine euryöke Art ist. Akuter Sauerstoffmangel hätte sich in einer wesentlich geringeren Individuenzahl ausgedrückt.

Gelegentliche, meist artenarme, aber individuenreiche Ostrakoden-Populationen wie auch Grabbauten verschiedener Organismen weisen ebenfalls darauf hin, daß selbst der Meeresboden, in dem die Muscheln lebten, nicht ausgesprochen schlecht, sondern nur gering durchlüftet war¹⁹⁾.

Es liegen keine Anzeichen für ein reduzierendes Milieu vor. Auch Pyrit oder Markasit, die auf eine H₂S-vergiftete Zone weisen könnten, sind nur sehr untergeordnet und selten beobachtet worden.

Da die Mehlsande auch außerordentlich arm an organischer Substanz sind, liegt es nahe, die Kleinwüchsigkeit der Rzehakien auf Nahrungsmangel zurückzuführen. Das Hinterland der in die Brackwassersee einmündenden Flüsse war nicht tief (Abb. 4), ihr Quellgebiet vielleicht stark verwitterter Untergrund. Die Ströme führten mehr anorganischen als organischen Detritus. Während die Küstenregionen noch ein verhältnismäßig reiches Nahrungsangebot erbrachten, waren die zentralen tieferen Zonen sicher oligotroph. Unterstrichen wird das durch das Fehlen oder nur horizontweise Auftreten von detritusfressenden Ctyrokyen, die nur selten so viel Nahrung fanden, daß sie sich einstellen konnten.

Der Eindruck des Zwergwuchses wird bei *Rzehakia* fälschend verstärkt durch

¹⁶⁾ Abweichend von GRIMM (1963: 226) haben wir Pflasterlagen selten als Vollpflaster beobachtet.

¹⁷⁾ GRIMM führt die Artenarmut der Fauna auf einen „Salzgehalt zwischen 3 und 8 ‰“ zurück (1964: 167). Diese Ansicht ist nicht haltbar, sie dürfte auf einer Fehlinterpretation des sogenannten Artenminimums im Brackwasser beruhen (vgl. Kap. B II 6).

¹⁸⁾ Salinitätseinteilung nach der Vereinbarung des Venediger Symposiums 1958 (vgl. HILTERMANN 1966): brachyalin = 18–30 ‰; pliohalin = 10–18 ‰; mesohalin = 5–10 ‰; miohalin = 3–5 ‰; oligohalin = 0,5–3 ‰; Süßwasser unter 0,5 ‰.

¹⁹⁾ In diesem Sinne sind auch die Ausführungen von SCHLICKUM (1964 a: 38) zu verstehen.

die im Verhältnis zur Höhe recht kurzen Gehäuse (vgl. SCHLICKUM 1964 a: 38). Die Tendenz zur Verkürzung nimmt mit abnehmender Korngröße zu. Die kürzesten Gehäuse finden sich meist in den tonigen Sedimenten.

Mit der Gehäuselänge ändert sich auch die Tiefe des Mantelsinus. Im Sinus setzen die Muskeln der Siphone an. Aus vergleichend anatomischen Untersuchungen an rezenten Lamellibranchiaten ist bekannt, daß die Tiefe des Sinus und damit die Größe der Ansatzfläche der siphonalen Muskulatur von der Länge und Beweglichkeit der Siphone abhängig ist. Andererseits ist die Länge der Siphone mit der Grabtiefe der Tiere korreliert. Muscheln, die in solchen Sedimenten (meist Sanden) leben, deren oberste Millimeter oder Zentimeter immer wieder lokalen Umlagerungen ausgesetzt sind, graben tief und gleichen geringe Sedimentzu- oder abfuhr durch Verkürzung oder Verlängerung der Siphone aus. Besteht dieser Zwang nicht, leben die Tiere nur flach im Sediment vergraben. Die Siphone bleiben kurz, die Mantelbucht ist nur wenig eingetieft und damit besteht keine Notwendigkeit einer Verlängerung der Klappen.

Dieser Fall liegt hier vor im Gegensatz zu den *Rzehakia guembeli*-Varianten der höheren Schichtengruppe. Die Rzehakien der Mehlsande lebten nur flach eingegraben und bestätigen uns die relativ ruhigen Bodenverhältnisse. Geringe Bodenströmungen führten Sediment zu, Umlagerungen waren noch sehr selten. So ist zu erklären, daß viele Tiere keinen plötzlichen Tod durch Auswaschen aus ihrem Lebensraum mit anschließender Verfrachtung oder Gehäusezerstörung erlitten, sondern in Lebensstellung oder klaffend in „Todesstellung“ (SCHLICKUM 1964 a: 38) im Sediment stecken.

Aus dieser Stellung heraus läßt sich auch die Lage der Klappen „gewölbt unten“ erklären, die in den Mehlsanden beobachtet werden kann (im Gegensatz zu den Beobachtungen von WITTMANN 1957: 58 und MAYR 1957: 323). Werden leere Gehäuse allmählich aus dem umgebenden Sand freigespült, kippen die senkrecht — meist mit dem Hinterende nach oben — gestellten Klappen seitlich auseinander und bleiben „gewölbt unten“ am Meeresboden liegen (STRAUCH 1961), wo sie, vielleicht nach geringem Transport, wieder eingebettet werden.

In den brackischen Mergeln werden Umlagerungen am seltensten zu erwarten sein. *Rzehakia* lebte nur wenig unter Bodenoberkante eingegraben, wie die äußerst kurze gedrungene Gestalt zeigt. Rzehakien aus Mehlsandbereichen des Inngebietes und aus den höchsten Mehlsandschichten zeigen Übergänge zu Klappentypen höherer Profillbereiche. Ihre Gestalt erscheint gelängt und vermittelt zu Formen der Glimmer- und Schillsande.

e.

Die Mehlsande weisen zwar petrographische und biofazielle Differenzierungen auf, die auf Unterschiede in der Bathymetrie des Ablagerungsraumes schließen lassen. Es fehlt aber jeglicher Hinweis dafür, daß sie Bereiche küstennaher Flachwässer oder gar hinter dem Strande liegende Regionen vertreten. Die Mehlsande und besonders die brackischen Mergel tragen die Charaktere ruhigen, tieferen Wassers.

Hier herrschte nur eine geringe Wasserbewegung, vielleicht eine schwache Kreisströmung, die gelegentlich kleine Kornfraktionen — eventuell in Suspension — zu transportieren in der Lage war. Im obersten Teil der Mehlsande wie auch zunehmend in den Profilen nach S bis zum Inngebiet macht sich eine wachsende Wasserbewegung bemerkbar.

Die Lebensweisen der Rzehakien bestätigen die hydrographischen Daten, die sich aus dem sedimentologischen Bild ergeben. Sie unterstreichen die küstenferne Stellung der brackischen Mergel im Vilsgebiet und die küstennähere Ablagerung der Mehlsande im Inngebiet. Sie lassen auf eine maximale Tiefe von 20—30 m im Beckenzentrum schließen (vgl. SCHLICKUM 1964 a: 38), während die Bereiche stärkster Sedimentation küstennäher im Inngebiet wohl nur wenig unter oder um 10 m Tiefe legen haben dürften.

Die basalen Anteile der Oncophoraschichten repräsentieren so sicher noch die tieferen Zonen des Brackmeeres, während die höchsten Bereiche der Oncophoraschichten in einem Profil bereits rückwärtig der Strandlinie abgesetzte Sedimente anzeigen. Entsprechend dem eingangs aufgestellten aktuogeologischen Postulat müssen zwischen den Sedimentationsphasen und Ablagerungsräumen des Beckentiefsten und des Verlandungsbereiches solche zu erwarten sein, die die Turbulenzonen flachen Wassers bzw. der Küste anzeigen. Das bedeutet also, daß zur Zeit des Absatzes der Mehlsande in der Tiefwasserfazies irgendwo auch der Sedimentationsraum „Küste“ existiert haben muß. Mit fortschreitender Zuschüttung des Beckens schob sich dann ein Schichtglied über das andere. Unter diesen Gesichtspunkten ist die nächst höhere Einheit — der Schillhorizont — zu prüfen.

2. Der Schillhorizont

a.

Der die Mehlsande überlagernde Schillhorizont ist wiederholt Objekt eingehender Untersuchungen gewesen (WITTMANN 1957: 62 ff.; MAYR 1957: 324 ff.; SCHLICKUM 1964 a: 39 ff.). GRIMM (1963) widmete ihm eine eigene Darstellung. Dennoch ist die Genese bisher ungeklärt geblieben.

Besonders im Gebiet des Inn zeigt der Schillhorizont eine charakteristische Ausbildung. Der untere Teil besitzt eine außerordentlich enge, wirr gepackte Lagerung der Schalen, die vorwiegend aus Klappen oder — zumindest stellenweise — ganz aus Bruchstücken von *Rzehakia* bestehen. Das sandige Zwischenmittel tritt hier sehr stark zurück, mitunter sind die Muschelreste sogar „ohne Sandbeimengungen eng ineinander verschränkt“ (WITTMANN 1957: 62). In höheren Lagen horizontieren sich die Klappen allmählich. Das Zwischenmittel, ein großglimmeriger „Feinmittelsand“ (SCHIESSL 1962), nimmt zu und trennt schließlich den obersten Teil in Schillschmitzen und Pflasterlagen auf, wodurch oft ein kontinuierlicher Übergang zum Hangenden gegeben ist.

Besonders im Inn-Gebiet ist der Schillhorizont eine markante Leitschicht. Die hier durchschnittlich 40 cm mächtige Bank, die bergmännisch gewonnen wurde (GRIMM 1963), dünnt nach N aus. An der Rott charakterisieren ihn nur noch

wenige cm-starke Schillschmitzen. Nördlich davon fehlt er zumeist. Hier ist er nur noch einmal mit dünnen Schillschnüren an der Straße von Uttlau nach Weng nachzuweisen. Da aber mit dem Einsetzen des Schillhorizontes auch eine Veränderung — eine Vergröberung — des Zwischenmittels einher geht, läßt sich die Grenze zum Liegenden gut fassen. Nach WITTMANN (1957: 63, 85), der auch genaue Verbreitungsangaben macht, läßt sich der Schillhorizont, wenn auch zum Teil nur in einer Mächtigkeit von wenigen cm, über nahezu 200 qkm verfolgen.

b.

An Mollusken fanden sich:

- + *Hydrobia frauenfeldi* (M. HOERNES)
- Ammicola pseudoglobulus* (ORBIGNY)
- + *Staliopsis (Staliopsis) dehmi* (SCHLICKUM)
- + *Staliopsis (Staliopsis) puisseguri* (SCHLICKUM)
- Ctyrokyia ammoni* SCHLICKUM
- Ctyrokyia hoelzli* (SCHLICKUM)
- Melanopsis impressa impressa* KRAUSS
- + *Congeria schuetti* SCHLICKUM²⁰⁾
- + *Limnopageticia bavarica* (AMMON)
- Limnopageticia schmieri* SCHLICKUM
- Limnopappia kuiperi sauerzopfi* SCHLICKUM
- + *Rzehakia guembeli* (GÜMBEL).

Von diesen Arten dürften nur die mit + bezeichneten dem Lebensbereich des Horizontes angehört haben (SCHLICKUM 1964 a: 39)²¹⁾. Die anderen Arten wurden nur sehr vereinzelt und durchweg auch nur in mehr oder weniger stark beschädigten Schalen und Bruchstücken angetroffen. Sie werden daher im Gegensatz zu den mit + gekennzeichneten als eingeschwemmt betrachtet.

Gegenüber *Rzehakia guembeli* treten die weiteren Arten, welche dem Lebensbereich des Schillhorizontes angehört haben, stark zurück.

c.

Eine Analyse der Entstehungsbedingungen des Schillhorizontes hat sich als sehr schwierig erwiesen. Die bisherigen Erörterungen sind sehr widersprüchlich und unbefriedigend. WITTMANN (1957: 85) fand zumindest für den unteren Teil dieses Horizontes eine einfache Erklärung; er betrachtet ihn als Aufbereitungshorizont der Mehlsande und somit die Schalen als Residuate. GRIMM schließt sich dem an und faßt den unteren Abschnitt des Horizontes als „allochthon aus den ober-

²⁰⁾ BUCHNER (1967: 53, 55—56) zitiert unzutreffend, wenn er die von SCHLICKUM (1964 a) aufgestellten neuen Molluskenarten noch als „n. sp.“ bezeichnet, da SCHLICKUM durch die Publikation der Autor geworden ist.

²¹⁾ BUCHNER (1967: 53) glaubt, daß Schnecken im Schillhorizont selten seien. Das trifft jedoch nur zu, wenn man bloß den gewichtsmäßigen Anteil der sehr kleinen Arten berücksichtigt.

sten Mehlsanden“ zusammengetragen auf. Diese Ansicht ist nicht haltbar. SCHLICKUM (1964 a: 41) hat mit eingehender Begründung dargelegt, daß die massenhafte Ansammlung von Klappen und Schalenentrümmern von *Rzehakia guembeli* weder durch eine Aufarbeitung der obersten Mehlsande noch durch eine Zusammenschwemmung aus größeren Entfernungen erklärt werden kann²²⁾. Die Gehäuse von *Rzehakia* weisen bereits an der Basis des Schillhorizontes aufgrund einer Biotopänderung einen anderen Habitus auf als die der Mehlsande. Nur gelegentlich hat stellenweise eine Aufarbeitung stattgefunden, die aber tatsächlich nur „gering“ war (MAYR 1957: 325)²³⁾.

Ausführlich diskutieren GRIMM (1963) und SCHLICKUM (1964 a: 42) Fazies und Genese des Schillhorizontes. Sie übertragen aktuogeologische Beobachtungen REINECKS (1958, 1963) von der Nordseeküste auf die niederbayerischen Verhältnisse, ohne allerdings eine Übereinstimmung der Bildungsumstände beider Bereiche zu erzielen. REINECK (1958) beschreibt eine laterale Sedimentumlagerung durch im Watt wandernde Priele. Größere Sedimentanteile wie Schlickgerölle und Klappen sammeln sich am Grund zu einem „Rinnensohlen-Pflaster“ an. Durch Mäandrieren können großflächige Pflasterlagen entstehen. Diese Pflaster sind aber meist Vollpflaster im Sinne KRAUSES (1950) und nicht vergleichbar mit mehreren mächtigen Schillpackungen der Oncophoraschichten. Ebenso sind Priele mit lateraler Sedimentation auf den Auftauchbereich beschränkt (REINECK 1958: 81), für den hier keine Hinweise vorliegen. Weiterhin wies GRIMM (1963: 241) mit Recht darauf hin, daß „nirgends rinnenhafte Erosionsvorgänge beobachtet wurden“. Das spricht besonders gegen die Möglichkeit eines Abfangens von Schillen in den breiten, tiefen Trichtern von Flußmündungen und Baljen, wie es aus dem Nordseegebiet bekannt ist (SCHÄFER 1962: 552; REINECK 1963: 48). Nicht nur fehlt jeder Hinweis hierfür im sedimentologischen Bild, es liegen auch völlig andere physiographische Verhältnisse vor.

SCHÄFER (1962: 552) stellt die Herkunft von Schillen in Rinnen der Nordseewatten zusammen, die zwischen 10 und 25 m Meerestiefe liegen. Die Schille werden 1. aus Prielern, 2. bei küstenparalleler Sedimentwanderung oder 3. aus dem Gezeitenstrom abgefangen. Ein geringer Teil mag auch vom offenen Watt direkt hineingerutscht sein. In jedem Falle liegt aber ein mehr oder weniger weiter Trans-

²²⁾ Trotzdem greift BUCHNER (1967: 54) die widerlegte alte Ansicht noch einmal auf. Er meint, „es wäre denkbar, daß die im unteren Teil des Schillhorizontes gegenüber den Mehlsanden neu auftretenden Formen bereits in den subaquatisch abgetragenen oberen Mehlsandpartien enthalten waren. Unter dieser Voraussetzung erscheint eine Schalenausspülung aus den Mehlsanden trotz des Formenwechsels durchaus möglich.“ Diese Deutung ist aber nicht stichhaltig, da erstens an der Basis des Schillhorizontes häufig keine Aufarbeitungsvorgänge zu beobachten sind und zweitens der funktionstypische Habitus des *Rzehakia*-Gehäuses im Schillhorizont von jenem in den mehlsandartigen Sedimenten völlig abweicht.

²³⁾ Selbstverständlich ist es durchaus möglich, daß geringe Bodenbewegungen die Schillbildung förderten. Zur Deutung des Schilles ist sie aber nicht erforderlich; auch liegen keine sicheren Hinweise darauf vor. Aufgearbeitete Teile des Mehlsandes im Aufschluß Stegerkeller bei Kößlern sind kein allgemein gültiger Beweis dafür.

port vor. Für den vorliegenden Fall weist aber bereits SCHLICKUM (1964 a: 41) nach, daß die zahlreichen geschlossenen *Rzehakia*-Gehäuse die Einbettung der Tiere im lebenden Zustand anzeigen. Ein Transport ist also weitgehend ausgeschlossen; denn nach dem Tode des Tieres öffnet sich das Gehäuse sofort; das Ligament reißt oder vergeht nach kurzer Zeit.

Der im unteren Teil des Schillhorizontes häufig vorliegende Schalenbruch beweist ebenfalls keinen Transport. Oft läßt sich beobachten, daß im Gegensatz zur Darstellung GRIMMS (1963: 232) in diesem Teil des Schillpaketes nicht nur unversehrte Einzelklappen, sondern sogar überwiegend doppelklappige Gehäuse auftreten können, was bereits von WITTMANN (1957: 62) betont worden ist.

Da in diesem Bereich das Sandzwischenmittel sehr stark zurücktritt oder fehlt und auch die geschlossenen Muscheln nicht verfüllt sind²⁴⁾, entstanden im sperrigen Schill zahlreiche Hohlräume. Unter der Auflast der hangenden Sedimente erfolgte im Laufe der Setzung eine weitgehende Zerbrechung der Klappen, so daß jetzt ein Pseudobruhschill entstanden ist²⁵⁾.

So ist auch zu erklären, daß nur „kantige Splitter“, aber keine Abschleife vorliegen (GRIMM 1963: 241). Wenn also die gesamte Schill-Bank in jedem Fall abiotisch²⁶⁾ entstanden ist, muß doch die Allochthonie in Frage gestellt werden.

Die wirre Lagerung der Schalen sollte außerordentlich heftige Wasserbewegungen vermuten lassen. Dem widersprechen aber ebenfalls die zahlreichen doppelklappigen Gehäuse, die nach längerem Transport und starkem Anprall zerfallen oder zerbrochen wären. Auch die Textur der „Glimmersandschichten“ spricht gegen eine Sedimentation unter brandungsähnlichen Bedingungen.

d.

Die bisherigen Deutungsversuche dürften somit als widerlegt gelten. Weder stärkere Strömungen noch Auftauchen infolge Gezeiteneinflusses noch starker Wellengang sind nachweisbar. Es muß also nach einer anderen Lösung gesucht werden. Sie ergibt sich zwanglos und folgerichtig nach genauem Studium der Sedimente. Zu diesem Zwecke sei noch einmal auf die Mehlsande zurückgegriffen.

Die Sedimentation der Mehlsande erfolgte unter ruhigen Bedingungen. Sie konnte andauern, bis eine stärkere Wasserbewegung einsetzte, d. h. bis der Meeresboden in den Bereich des grundberührenden Seeganges kam. Dieser Bereich ist die sogenannte kritische Fläche (vgl. auch SCHÄFER 1962). Der sich allmählich zur Küste hin verflachende Meeresboden schneidet die kritische Fläche in der kritischen Linie.

²⁴⁾ Auch das beweist eindeutig, daß die Tiere lebend eingebettet wurden.

²⁵⁾ BUCHNER (1967: 54) vertritt die Ansicht, „durch starke Strömungen“ seien „die Schalen transportiert, zermahlen und im Schillhorizont zu einer Totengesellschaft angereichert“ worden.

²⁶⁾ Biotisch entstandene Schille sind z. B. die Schille in der offenen Nordsee, die durch Zerknackung von Tellinen durch Plattfische entstanden sind.

Die kritische Fläche dürfte in dem begrenzten Raume des niederbayerischen Binnenmeeres nicht sehr tief gelegen haben, zumal da die Gezeitenströmung fehlt. Ebenso ist in einem so begrenzten Becken die Wellenbewegung geringer als in einem offenen, großen Meeresraum. Der bodenberührende Seegang griff in der Oncophora-See nicht so tief hinab wie zum Beispiel in der Nordsee.

An und oberhalb der kritischen Linie muß sich die einsetzende, grundberührende Wellenbewegung durch Umschlag innerhalb der Korngrößen bemerkbar machen, da bis in diesen Bereich durch die Wasserturbulenz noch größere Sedimentpartikel befördert werden. Unterhalb der kritischen Fläche hingegen werden eventuell durch schwache Grundströmungen nur feinste Teile bewegt. So wurden auch im Bereich der Oncophora-See Niederbayerns gröbere Sande vom Lande her eingeschüttet — nämlich die Glimmersande. Sie wurden allmählich in immer tiefere Regionen verfrachtet, bis sie sich durch erlahmende Wasserbewegung in der Nähe der kritischen Linie in einzelne Sandbänke auflösten.

Die auf diesen Sandbänken lebenden Rzehakien fanden im bewegten Wasser gute Nahrungsbedingungen, sie waren aber auch besonders gefährdet. Die Rzehakien sind kaum in der Lage, horizontale Wanderwege auszuführen; die in den vorstoßenden Sandbänken lebenden Tiere wurden vielmehr vom „Glimmersand“ überwandert und schließlich freigespült. An der Obergrenze der Mehlsande sammelte sich so eine erste Schicht von Klappen oder Gehäusen, ausgespült und in Einzelklappen zerlegt, in Todesstellung oder selbst in Lebensstellung an (I n i t i a l p f l a s t e r). Weiter darüber hinwegwandernde Sandbankzüge hinterließen immer neue Populationen von Muscheln, die, aus dem schützenden Sediment ausgewaschen, ineinander rutschten und sich wirr verkeilten. Die Schille stellen also eine Klappenkonsolidation aus zahlreichen, sich wiederholenden, in der grundberührenden untersten Turbulenz-Schicht wandernden Sandzügen dar.

Daß diese Darstellung den ehemaligen Gegebenheiten am nächsten kommt, beweist nicht nur die Schillanalyse, sondern auch die Untersuchung des Zwischenmittels bzw. der hangenden Schichten. Es läßt sich hier folgendes beobachten: Bioturbate Texturen zeigen sich besonders gut in solchen Sedimenten, die durch farbliche Differenzierungen die Schichtung gut erkennen lassen. Das ist in ausgezeichneter Weise im wiederholt zitierten (WITTMANN 1957: 63; GRIMM 1963: 239) Anschnitt am Scheitelpunkt der Straße von Uttlau nach Weng (Bl. Birnbach, 7544; r 85 260, h 70 600; H = 440 m) der Fall²⁷⁾. Der petrofazielle Wechsel von der Mehl- zur Glimmersandfazies erfolgt hier allmählich. Dennoch ist der Schillhorizont scharf begrenzt. Eine wechselnd mächtige Schillpackung (2—8 cm) besteht aus mehr oder weniger horizontal gepackten Einzelklappen und klaffenden Gehäusen. Gelegentlich sind geschlossene Gehäuse in Seitenlage eingestreut. Da sie nicht mit Sediment verfüllt sind, erfolgte eine Einbettung des noch lebenden Tieres. An der Oberkante dieser Schillbank treten häufig geschlossene Ge-

²⁷⁾ Die hier besonders gut ausgeprägten bioturbaten Gefüge erwähnt BUCHNER (1967) nicht, wie er auch die Fluchtbauten der Rzehakien nicht im Zusammenhang mit dem Schillhorizont sieht.

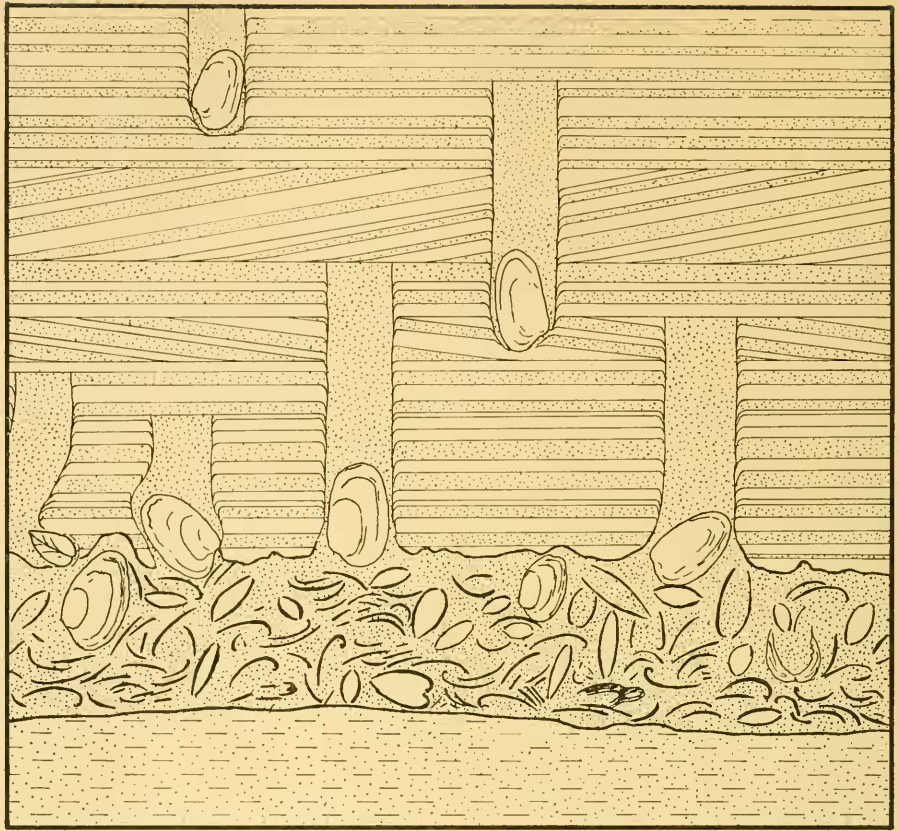


Abb. 1: Schillhorizont zwischen Mehl- und Glimmersandfolge nach Beobachtung am Straßenanschnitt zwischen Uttlau und Weng (Bl. Birnbach). *Rzehakia* in Lebensstellung über Schillhorizont; die Abstiegsschächte sind in unterschiedlicher Höhe abgeschnitten.

häuse in Lebensstellung auf, d. h. die Längsachse des Gehäuses steht vertikal (Abb. 1). Der Vorderrand ist im Kontakt mit Klappen der obersten Schilllage, der Hinterrand zeigt nach oben. Über den Muscheln sind zylindrische Sedimentpfropfen zu sehen (Abb. 1), die einige cm lang sein können und senkrecht im Sediment stehen. Sie haben einen Durchmesser, der nur 1—3 mm größer ist als die Höhe der *Rzehakia*-Klappen, die an der Basis liegen (Abb. 1). Diese Sedimentsäulchen lassen sich aus dem umgebenden geschichteten Glimmersand herauslösen und sind sowohl im Längsschnitt wie auch auf den Schichtflächen im Querschnitt gut zu erkennen.

Es handelt sich um die Grabschächte der *Rzehakien*. Derartige Schächte sind von REINECK (1958, 1967) und SCHÄFER (1962) von *Mya arenaria* aus dem Watt

beschrieben worden. Sie sind typisch für Lamellibranchiaten, die nur oder bevorzugt vertikale Bewegungen im Sediment ausführen.

Aus der Analyse solcher Wühlspuren lassen sich die sedimentologischen Bedingungen zu Lebzeiten der Muschel ableiten. Wenn eine Muschel sich aufwärts bewegt, preßt ihr Fuß uhrglasförmig Sandschichten ineinander und verstopft so die Röhre nach unten, um für ihre Bewegungen stets ein neues Widerlager zu finden. JUX & STRAUCH (1967) konnten zeigen, daß im niederrheinischen Oligozän solche Stopfbauten in Galerien übereinander oft mehr als 1 m lang sind. Sie sind hier ein Zeichen für rasche Sedimentation, mit der die Muscheln nur durch Aufwärtswandern Schritt halten konnten. Da sich das Lebensalter der Muscheln abschätzen läßt, ist die Größenordnung der Sedimentationsgeschwindigkeit leicht zu taxieren²⁸⁾.

Ähnliche Verhältnisse mögen in den Sandbänken des Oncophora-Meeres geherrscht haben. Muscheln, die im Lee einer Sandbank lebten, mußten solange aufwärts wandern, wie der Sand auf ihre Wohnplätze rieselte. Erst wenn der Scheitel einer Sandbank überschritten wurde und im Luv deren Abtragung einsetzte, war das Tier zur umgekehrten Bewegung gezwungen; es stieg ab und der Schacht verstürzte teilweise oder, wenn nach dem Tod des Tieres keine Siphone mehr vorhanden waren, ganz. Das Sedimentgefüge ist also — und das zeigt auch der Aufschluß an der Straße Uttlau—Weng (Abb. 1) — in der Fluchtröhre völlig richtungslos. Die Muscheln konnten absteigen, bis ihnen die Klappen der älteren Schillage, das Initialpflaster oder das bereits entstandene Schillpaket Einhalt geboten. Da die Sedimentation sich allmählich verstärkte, wurden die Sandbänke nicht vollkommen wieder aufgerollt; es blieb vielmehr eine immer mächtiger werdende Sohlschicht erhalten, wodurch auch ein Teil der Fluchtröhren überliefert wurde, wie das Schema Abb. 1 zeigt. Wenn die Muscheln vollkommen ausgespült wurden, entstand eine neue Schillage. In der Wiederholung dieses Prozesses sehen wir die Entstehung des niederbayerischen Schillhorizontes.

Im Gebiet der Rott wurde offensichtlich der kritische Bereich rascher durchschritten als im Bereich des Inns. Die überwandernden Sandpakete blieben größtenteils erhalten und eine mächtige Schillbildung entfiel. Im Süden verstärkte sich erst allmählich die Schüttung, so daß sich im oberen Teil der Schillbank mehr und mehr feine und danach immer stärkere Sandlagen einschalteten, die schließlich nur noch von einzelnen Pflastern unterbrochen wurden. Mit wachsender Turbulenz konnte nicht nur mehr Sediment vom Lande her eingeschüttet und transportiert werden, die Stärke der Wasserbewegung reichte nun auch aus, selbst größere Teile wie Muschelklappen zu transportieren und schließlich aufzubereiten. Im sich allmählich auflösenden Schillhorizont werden die Pflaster zunehmend von Einzelklappen aufgebaut, die einen Transport durchgemacht haben.

²⁸⁾ Selbstverständlich kann man daraus nicht auf die Ablagerungsdauer der gesamten Schicht schließen. Wahrscheinlich liegen wesentliche Zeitintervalle in den Lücken, während welcher keine Ablagerung erfolgte oder Abgelagertes wieder erodiert wurde.

Der Schillhorizont ist somit ein Produkt beginnender Turbulenz über dem allmählich küstenwärts ansteigenden Meeresboden. An der Basis ausfingender Sandbänke verblieben die freigelegten Gehäuse der dort lebenden Muscheln, sie reicherten sich durch mehrfaches Übereinanderhinwegwandern von Sedimentkissen zu Schillen an. Entgegen den Angaben GRIMMS (1963: 243) ist also bewiesen, daß der untere Teil des Schillhorizontes autochthon durch Freispülen der Klappen an Ort und Stelle ohne jeglichen Transport entstanden ist. Der höhere Teil hingegen nimmt mit Verstärkung des Wellenganges wiederum im Gegensatz zur Ansicht GRIMMS (: 243) mehr und mehr allochthonen Charakter an, wodurch ein allmählicher Übergang zu den Gegebenheiten der Glimmersande erfolgte, für die nach dem eingangs dargestellten Konzept also mit Sicherheit noch küstennähere Sedimentationsareale angenommen werden können.

Gleichzeitig wird durch diese Entstehung des Schillhorizontes gezeigt, daß er sich nur lokal in einer bestimmten Zone, nämlich im Bereich der kritischen Linie bilden konnte. Die kritische Linie darf bei 10 m Wassertiefe oder wenig tiefer angenommen werden. Mit zunehmender Zuschüttung der Oncophora-See, die besonders von S her erfolgte, wanderte der Absatzbereich des Schillhorizontes nach N über das Sedimentationsgebiet der Mehlsande hinweg. Der Schillhorizont ist somit in sich nicht synchron.

3. Der Glimmersand-Bereich

a.

Die Glimmersande sind als kartographisch faßbare, durchhaltende Schichtenfolge von WITTMANN (1957: 64) erkannt und benannt worden. Auf seine eingehende Darlegung sei im einzelnen verwiesen.

GRIMM charakterisiert die Sedimente mit folgenden Worten (1963: 227): „Im unteren Teil der Glimmersande herrscht die Korngrößenfraktion 0,06—0,12 mm vor; hier kommt rhythmischblättrige Wechsellagerung von dünnen Mergelschluffbändern mit glimmerreichen Feinsandlagen vor. Im oberen Abschnitt der Glimmersande wird das Sediment gröber (vorherrschende Fraktion 0,12—0,25 mm) und enthält nach oben zunehmend Klein- und Mittelkies in Einzelgeröllen und Kiesschnüren eingestreut. Bei Pettenau/Inn schließen sich diese Geröllagen zu zwei Kieshorizonten von insgesamt 2,5 m Mächtigkeit zusammen.“ Die Farbe wechselt von gelbbraun über dunkelgrau nach blaugrau.

Wie die zunehmende Korngröße zeigt auch das textuelle Bild einen deutlichen Wechsel. „Die in den höheren Lagen des Schillhorizontes auftretende weitspannige Horizontalschichtung nimmt nach dem Hangenden der Glimmersandeinheit immer unruhigere Formen an. Eine weitspannige, bogige Schräg- bzw. Kreuzschichtung wird charakteristisch für die zunehmende Bewegung des Transportmittels“ (WITTMANN 1957: 85). In wechselndem Maße gilt das für das gesamte Verbreitungsgebiet zwischen Inn und Vils, wo also „keine wesentliche laterale Faziesdifferenzierung“ stattfindet (GRIMM 1963: 227).

b.

Molluskenreste treten verstreut auf. Während sie noch direkt über dem Schillhorizont relativ häufig sind, werden sie zur Hangendgrenze immer spärlicher. Sie werden als isolierte Einzelklappen, Bruchstücke oder gelegentlich auch in weit gestreuten, lockeren Pflastern beobachtet.

Die Molluskenfauna besteht aus

- Hydrobia frauenfeldi* (M. HOERNES)
- Staliopsis (Staliopsis) dehmi* (SCHLICKUM)
- Melanopsis impressa impressa* KRAUSS
- Congeria rottensis* (AMMON)
- Limnopageta bavarica* (AMMON)
- Limnopageta schmieri* SCHLICKUM
- Limnopappia kuiperi sauerzopfi* SCHLICKUM
- Rzehakia guembeli* (GÜMBEL).

Außerdem fand sich am großen Böschungsanriß an der Eisenbahnbrücke westlich Brombach eingeschwemmt ein Spindelbruchstück der Landschnecke *Cepaea brandti* SCHLICKUM.

Mikrofossilien wurden nicht beobachtet.

c.

Die Mollusken zeigen eine wachsende Turbulenz des Wassers und damit zunehmend unruhige Sedimentationsverhältnisse an. Das drückt sich 1. in der Änderung des Gehäusehabitus einiger Mollusken und einem Artenwechsel gegenüber dem Schillhorizont und 2. in biostratinomischen Besonderheiten aus.

Ein Artenwechsel fällt innerhalb der Gattung *Congeria* auf. An die Stelle von *C. schuetti*, tritt in den Glimmersanden *C. rottensis*. Letztere ist eine stärker euryöke Art und besonders dem Flachwasser und einer schwankenden Salinität angepaßt. Weitere Abweichungen zeigen sich bei genauer Betrachtung innerhalb der Gattung *Limnopageta* (SCHLICKUM 1967: 178) und im Verhalten von *Rzehakia guembeli*. Die Klappen von *Rzehakia* sind nicht mehr so aufgebläht, sondern mehr oder weniger abgeflacht. Vielleicht handelt es sich um eine beweglichere ökologische Variante dieser Art.

Mollusken in Lebensstellung sind nur im tiefsten Bereich der Glimmersande noch als Seltenheit zu beobachten. Hier findet man sie vorwiegend zu Pflasterlagen oder Schillschmitzen sortiert und zusammengetragen; sie fügen sich einer weitspannigen Horizontalschichtung ein.

Zur Hangendgrenze hin werden Fossilien immer seltener, wobei sich die Indizien für steigende Turbulenz mehren. Rippel- und Kreuzschichtung im cm- bis dm-Bereich (z. B. im Hinterholzer Bach besonders gut aufgeschlossen) gehen in eine weitspannige, im m-Bereich liegende Schrägschichtung mit Kornvergrößerung

und sich einschiebenden Geröllschnüren über. Die fortwährende Umlagerung²⁹⁾ führte zur vollkommenen Zerstörung der meisten Klappen und Gehäuse. Die Sedimentbewegung war so stark geworden, daß kaum noch sessiles oder schwach vagiles Benthos existieren konnte (letal-lipostrate Fazies; SCHÄFER 1963). Durch die ansteigende Turbulenz wird nicht nur eine zunehmende Verflachung der See, sondern auch ein Näherrücken der Küste angezeigt. Die Pettenuaer Schotter, die sich im Inngbiet östlich Simbach als zwei geringmächtige Zungen von Süden her den Glimmersanden einschieben, dürften Mündungsfächer von kleinen, aber vielleicht wasserreichen Flüssen gewesen sein. Denselben Hinweis gibt das vermehrte Auftreten von Holzsplintern, Rindenbruchstücken und Pflanzenhäcksel im höheren Profilschnitt, die zusammen mit Molluskenresten einen Schilltyp bilden, den JÜNGST (1942) als Ästuarschill bezeichnet.

d.

Die Glimmersande entwickeln sich kontinuierlich aus dem Schillhorizont. WITTMANN (1957: 86) glaubt, aus dem petrofaziellen Bild dieser Abfolge einen schwach geböschten Schwemmkegel entwickeln zu können³⁰⁾, womit er zutreffend andeutet, daß es sich auch hier nicht um ein synchron abgelagertes Sedimentpaket, sondern um eine — über längere Zeiträume — wandernde Fazies handelt. Diese Schüttungsfront wanderte von S nach N in Richtung des Beckenzentrums und schob den Gürtel der Schillbildung vor sich her. Die Stirn der Glimmersandfront, im Profil der basale Glimmersandanteil, repräsentiert also bereits flacheres Wasser als der Schillhorizont selbst, in dem sich schon der „Einfluß des (holzliefernden) Festlandes“ (MAYR 1957: 331) bemerkbar macht. Die Wassertiefe von 10 m und weniger nimmt bis zu den höchsten Teilen der Folge ab und erreicht schließlich den Nullpunkt. Die gesamten Glimmersande können also als litorale Sedimente aufgefaßt werden und stellen keineswegs „küstenferne und -nähere Bereiche“ dar (GRIMM 1963: 227). Sie sind im Gegensatz zur Darstellung SCHLICKUMS (1964 a: 43) keine Ablagerungen ruhiger, sondern lebhaft turbulenter Gewässer.

e.

Die Strandzone ist mit den höchsten Glimmersandschichten erreicht. Die obersten Schichten weisen auf flachste Wasserbewegung (Brandungszone) oder sogar auf Auftauchen hin. MAYR (1957: 331) stellte in diesem Bereich Trockenrisse fest. Die Anschnitte im Antersdorfer Bach (nö. Simbach am Inn) geben Querschnitte

²⁹⁾ „Beschränkte und kurzfristige Abtragungsphasen“, wie MAYR (1957, 330) sie als Ausnahme annahm, sind sehr häufig. Gerade hier wird der größte Teil der Zeitspanne, die die Glimmersande repräsentieren, sich in den Lücken verbergen. Einzelne Sandbänke entstehen schnell, sind aber auch rasch wieder abgetragen.

³⁰⁾ Die Einwände SCHAUERTES (1963: 202) gegen diese Darstellung erscheinen unbegründet. Mächtigkeitsdifferenzierungen durch unterschiedliche Krustenbewegungen stören dieses Bild nicht.

weitspanniger Sandkissen und Großrippel-artiger Strukturen frei (vgl. ähnliche Bilder bei REINECK & SINGH 1967: 229).

Einmündende Zuflüsse wurden in der Brecherzone gebremst und gestaut und die mitgeführten Sedimente abgesetzt. Sie häuften sich im Mündungsbereich zu Sandwällen und -bänken auf, ähnlich wie es sich bei rezent vergleichbaren Beispielen beobachten läßt (WELDER 1959: 57). Im Brandungsbereich bildeten sich die Sandbarren, die sich kulissenartig voreinander schoben. Während sie sich seewärts im tieferen Wasser zu wandernden Sandbänken formierten, dürften sie an der Küste gemäß den Darlegungen von WELDER nur noch 30 bis 50 cm unter Wasser gestanden haben, bis sie schließlich — zu Strandwällen aufgeschüttet — aus dem Wasser auftauchten. Hiermit hat die Sedimentation der Glimmersande ein Ende gefunden.

Die höchsten Glimmersande, die eine langsam vorrückende Strandlinie repräsentieren, stellen somit ein in sich zeitlich ungleiches, abschließendes Sedimentpaket der Folge dar, wie es in ähnlicher Weise auch für die basalen Teile bewiesen werden konnte. Die Glimmersande wuchsen zu einem ungleichalterigen Schichtenkörper an, wie es rezent an einem Küstenabschnitt der amerikanischen Golfküste (an der Grenze zwischen Alabama und Florida, ebenfalls im Mündungsgebiet eines Flusses) von JUX & STRAUCH (1965: 113 und Taf. 11) veranschaulicht worden ist.

Die unteren Oncophoraschichten zeigen insgesamt einen Sedimentationsablauf, bei dem sich eine konsequente Verflachung und Einengung des Brackwasserbeckens durch ein Engerziehen der Küste vollzog. Der Abschluß der Sedimentation bedeutet zugleich auch das Ende des offenen Brackwassermeeres.

4. Der Bereich des Aussüßungshorizontes

a.

Über den Glimmersanden erwähnt erstmalig ZÖBELEIN (1940: 247) im Gebiet von Pfarrkirchen „ein 40 cm mächtiges, violettbraunes Sandband, das aus den brackischen Sanden hervorgeht und seinerseits von 50 cm hellgrauen, sehr feinen Mergeln überlagert wird“ (MAYR 1957: 332). WITTMANN (1957: 75) wies nach, daß diese Folge in wechselnder Ausbildung im gesamten Ausstrich der Brackwassermolasse Niederbayerns zu verfolgen ist. Wegen seines unterschiedlichen petrographischen Bildes ist dieser Horizont von WITTMANN ausnahmsweise nicht nach lithofaziellen Besonderheiten, sondern nach seiner Fauna, die eine starke Näherung an Süßwasserverhältnisse anzeigt, als Aussüßungshorizont“ bezeichnet worden.

Um das außerordentlich wechselhafte petrographische Bild zu umreißen, beschrieb WITTMANN (1957) eine ganze Reihe von Profilen. Am Türkenbach besteht der Aussüßungshorizont aus „grauen, dichten, sandigen Mergeln“ (:70) und „hellgrauen, feuchten, feinkörnigen Mergeln“ (:71), bei Hitzenau aus „grauen, vorwiegend kalkigen, dichten Sandmergeln“ und „graubraunem bis hellgrünlichgrauem, trockenem, sandigem Ton“ (:71), bei Antersdorf aus „hell- und dunkel-

grau gebänderten Mergeln“ (:72) und bei Gopping aus „olivgrauen, sandigen, speckigen Mergeln“ (:73). Eine scharfe petrographisch definierte Ober- und Untergrenze kann man nicht angeben. Trotz der unterschiedlichen Ausbildung ist dieser Bereich nach WITTMANN (:73) gut erfassbar, da „nahezu an jeder Basis des Aussüßungshorizontes“ die „typische braunviolette Färbung der oberen Glimmersandbereiche“ bezeichnend sei. Im Profil des Antersdorfer Baches bzw. des Türkenbaches, wohin WITTMANN sein Standardprofil legt, fehlt allerdings diese Bräunungszone unter dem sogenannten Aussüßungshorizont.

Da diese Bräunungszone besonders leicht auffällt, wurde sie von MAYR (1957), GRIMM (1963) und SCHLICKUM (1964 a) fälschlicherweise mit dem WITTMANNschen Aussüßungshorizont identifiziert. Das wird dadurch verständlich, daß im Kartierungsgebiet MAYRS (1957: 334) häufig nur diese Bräunungszone (allerdings mit den entsprechenden Fossilien) — oft noch tief in den Glimmersanden liegend, so daß stellenweise noch 2 m Glimmersand über dem „Aussüßungshorizont“ folgen — vorhanden ist, wogegen die nach WITTMANN den Aussüßungshorizont charakterisierenden grauen, dichten, bröckligen Mergel³¹⁾ fehlen (1957: 75).

Somit zeigt sich zwar, daß gewisse petrographische Besonderheiten den sogenannten „Aussüßungshorizont“ kennzeichnen, er aber nicht eindeutig lithologisch faßbar ist und auch von den einzelnen Autoren unterschiedlich aufgefaßt wird. Es bleiben also nur faunistische Indizien zur genauen Abgrenzung dieses Horizontes. SCHLICKUM (1964 a: 44, Fußnote 34) wies in diesem Zusammenhang bereits darauf hin, daß sich die stratigraphischen Einheiten der Oncophoraschichten in erster Linie auf ökologische Besonderheiten gründen.

Im folgenden wird daher der Aussüßungshorizont nicht im Sinne MAYRS (1957), GRIMMS (1963) und SCHLICKUMS (1964 a) allein als braunes Band von wechselnder petrographischer Zusammensetzung (nicht immer Mergel!) verstanden, dessen Färbung von der Zufälligkeit untergeordneter Faktoren abhing. Der gesamte Sedimentpacken, der sich durch eine andere Molluskenfauna auszeichnet (nämlich eine mehr dem ausgesüßten Zustand genäherte), als man sie im Hangenden und Liegenden findet, wird als „Bereich des Aussüßungshorizontes“ geführt.

b.

Die Molluskenfauna des Aussüßungshorizontes besteht aus:

* *Clithon (Vittocliton) pictus pictus* (FÉRUSSAC)

Theodoxus (Theodoxus) cyrtocelis (KRAUSS)

* *Hydrobia frauenfeldi* (M. HOERNES)

** *Nematurella pappi* SCHLICKUM

³¹⁾ Nur in seltenen Fällen handelt es sich tatsächlich um Mergel (50—70% Gesamtkarbonatgehalt), sondern meistens um Tonmergel (30—50%) oder Mergeltone (10—30%). Für die als „Mergelbänder“ in der Literatur gekennzeichneten „Aussüßungshorizonte“ von Stadl Rott nahe Pfarrkirchen analysierten wir 25,65% Ca CO₃ (ohne die Schillanteile größer als 0,2 mm ϕ).

- ** *Staliopsis (Staliopsis) grimmi* (SCHLICKUM)
- * *Melanopsis impressa impressa* KRAUSS
- Stagnicola (Stagnicola) armaniensis* (NOULET)
- Radix (Radix) socialis dilatata* (NOULET)
- Planorbarius cornu* (BRONGNIART)
- Gyraulus trochiformis dealbatus* (A. BRAUN)
- Ancylus wittmanni* SCHLICKUM
- Margaritifera flabellata* (GOLDFUSS)
- Unio eseri* KRAUSS
- Unio lavateri* GOLDFUSS
- Anodonta splendens* GOLDFUSS
- Sphaerium sp.*
- * *Congeria rottensis* (AMMON)
- ** *Limnopappia kuiperi kuiperi* SCHLICKUM

Außerdem liegt eingedrftet eine Klappe einer *Bankia*- bzw. *Teredo*-Art vor. An eingeschwemmten Landschnecken fanden sich *Leucochroopsis francofurtana* (WENZ) und *Cepaea brandti* SCHLICKUM.

Die durch * bezeichneten Arten sind solche, welche als Brackwasserarten bekannt sind. Bei den mit ** versehenen Arten weist die Gattung auf Brackwasser hin.

Die Muschel *Congeria rottensis* tritt nur in ausgesprochenen Kümmerformen auf. Das gleiche gilt von den Schneckenarten *Clithon (Vittocliton) pictus* und *Hydrobia frauenfeldi*.

Die Fauna des Aussüßungshorizontes unterscheidet sich von den bisherigen Faunengesellschaften grundlegend. Die in der Artenliste nicht näher gekennzeichneten Arten sind Süßwasserbewohner, welche in das Brackwasser nur in sehr begrenztem Umfang vorstoßen können. Bis auf *Theodoxus (Theodoxus) cyrtocelis*, *Melanopsis impressa impressa* und *Radix socialis dilatata* vertragen sie im allgemeinen nur einen Salzgehalt bis zu 3 ‰.

Da sowohl einige der salzempfindlichen Süßwasserarten, insbesondere *Planorbarius cornu*, *Gyraulus trochiformis* und *Ancylus wittmanni* wie auch die Brackwasserarten *Clithon (Vittocliton) pictus*, *Hydrobia frauenfeldi* und *Congeria rottensis* im Aussüßungshorizont allgemein verbreitet sind, kann entgegen WITTMANN (1957: 86) davon ausgegangen werden, daß die Gewässer oligohalin (im Sinne von REMANE, 1958, und HILTERMANN, 1966) waren, also 0,5—3 ‰ Salzgehalt hatten.

c.

Trotz des wechselvollen Bildes dieses Horizontes scheint für alle Lokalitäten typisch zu sein, daß aus den Glimmersanden heraus häufig eine feste, durch Bitumina braun oder seltener schwarz gefärbte, ungeschichtet erscheinende Zone hervorgeht. Für sie ist charakteristisch, daß sich der Glimmersandfraktion (um 0,2 mm) mit deutlichem Sprung in der Körnung feineres Material beimengt (vgl.

Abb. 3 B). Regellos sind die Mollusken eingestreut. Hierüber folgt meist mit scharfer Grenze der eigentliche „Aussüßungshorizont“ WITTMANNs. Es handelt sich vorwiegend um die oben beschriebenen grauen Tonmergel und Mergeltone, für die ein bröckliges, schichtloses Gefüge bezeichnend ist. Auch hier sind die typischen Mollusken meist unregelmäßig eingelagert, seltener in wenigen Bändern angereichert.

Die Anreicherung an organischen Substanzen in den braunen Horizonten ist z. T. auf die Ansammlung pflanzlicher Reste zurückzuführen. In ihnen ist häufig ein Wurzelboden nachweisbar, der für das schichtlose Gefüge dieses Bereichs mit verantwortlich ist. Er läßt erkennen, daß hier auf den Glimmersanden eine erste subaerische Vegetation Fuß gefaßt hat, die aber sehr rasch zu anmoorigen Verhältnissen führte (Huminsäuren im Sediment) und schließlich lakustrischen Bedingungen mit pelitischer Sedimentation weichen mußte. Das ist die typische Entwicklung im Bereich des Aussüßungshorizontes, die sich in variabler Folge überall zeigen läßt.

Aus dieser Sedimentfolge geht eindeutig hervor, daß das einheitlichere Bild der Fazies freier Meeresräume von dem mannigfaltigeren einer wechselvollen Küstenregion abgelöst wurde.

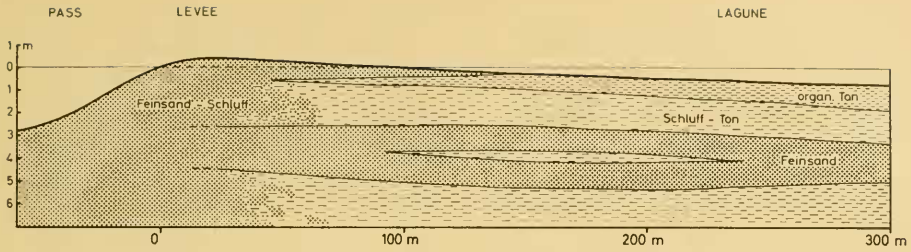
Das von JUX & STRAUCH (1965: 113) zitierte Beispiel von der Küste Alabamas (vgl. Kapitel B II 4 b) gibt ein brauchbares Vergleichsschema für die Vorgänge, die gegen Ende der Glimmersandsedimentation, d. h. am Strand des niederbayerischen Brackwassermeeres bestanden haben. Hier wie dort bildeten sich in den letzten Jahrzehntausenden in den Küstenabschnitten durch dauernde Sedimentzufuhr Strandwall hinter Strandwall. Hinter bzw. auf den jüngsten, nur einige dm hohen Strandwällen breitete sich ein Areal subaerischer Vegetation aus, zwischen und hinter ihnen entstanden schwache Gerinne oder kleine Seen — zum Teil mit reichem submersen Pflanzenwuchs — mit nahezu ausgesüßten Biotopen. Die Strandwälle zeigen das gleiche petrofazielle Bild wie die Flachwässer des Küstensaumes, sind aber biofaziell vollkommen anders gartet.

d.

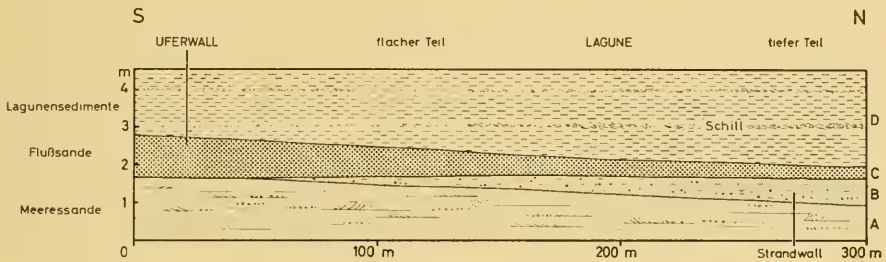
In seiner räumlichen Entwicklung läßt sich dieser zitierte rezente Befund am besten mit den Verhältnissen vergleichen, die sich aus den Aufschlüssen am Türkenbach südlich der Bundesstraße Simbach/Mühldorf am Inn (Bl. Markt 1: 25 000, 7743, r = 67 100, h = 45 710)³²⁾ erkennen lassen. Hier liegt der interessierende Bereich über mehrere hundert Meter frei (Abb. 2), während ansonsten meist nur eng begrenzte Sandgrubenaufschlüsse vorliegen. Daher ist das Türkenbach-Profil der Schlüsselpunkt zum Verständnis des Aussüßungshorizontes und der Oberen Oncophoraschichten³³⁾.

³²⁾ WITTMANN sah hier eines seiner typischen Profile. Wegen eines Brückenbaues sind die alten Aufschlüsse direkt südlich der ehemaligen Brücke nicht mehr zugänglich. Sehr gute Aufschlüsse liegen aber noch weiter bachabwärts.

³³⁾ Profile noch größeren Ausmaßes, wenn auch nicht so differenziert, sind auch durch den Antersdorfer Bach aufgeschlossen.



Querschnitt durch einen Levee im rezenten Delta



Schematisiertes Profil vom Türkenbach (Bl. Markt)

Abb. 2: Natürlicher Flußwall eines Deltagebietes querschnitten im Vergleich mit dem Profil des untersten Türkenbachlaufes (Bl. Markt). Erklärung vgl. Text.

Im untersten Teil des Profils (Bank A in Abb. 2) stehen die höchsten Glimmersande an, hier ein grobsandhaltiger Feinsand bis Grobsand, der relativ glimmerarm und nicht oder wenig geschichtet ist. Geröllschnüre (Feinkiesstreifen bis 1,5 m Ausdehnung und 5 cm Mächtigkeit) und Einzelgerölle (bis 3 cm Kantenlänge) sind eingelagert. Die Feinkieschmitzen liegen gelegentlich schräg im umgebenden Sediment. Wenige Einzelklappen von großen Rzehakien sind eingespült und eingeschichtet. Sie lassen wie das Sediment noch auf hohe Turbulenz schließen, wobei durchaus an die Brandungszone und daran geknüpfte Strandwälle gedacht werden kann, da die höheren Schichtanteile sicher subaerische Verhältnisse erkennen lassen. Bio- und lithofaziell läßt sich dieser Bereich noch den „Glimmersanden“ anschließen.

Mit unregelmäßiger, oft welliger Grenze geht der „Glimmersand“ nach oben (Bank B, Abb. 2) in stärker verfestigten, stark tonigen Fein- bis Grobsand über, der auch hier noch zahlreiche Gerölle enthält. Das Sediment³⁴⁾ wirkt umsortiert,

³⁴⁾ Bei WITTMANN folgen über den Glimmersanden „feinkörnige Mergel“ (1957, b in Profil Abb. 2, S. 70). Unsere Profile wurden etwa 200 m weiter südlich als das WITTMANNsche in der großen Bachschlinge aufgefunden. Auch hier zeigt sich bereits der rasche petro-fazielle Wechsel.

ist ungeschichtet und in bergfeuchtem Zustand von blaugrauer bis schwarzgrauer Farbe. Der lange Bachaufschluß läßt erkennen, daß es sich im Querschnitt um einen außerordentlich flach geböschten Wall (vgl. Abb. 2) im Sinne eines *Strand- oder Uferwalle's* handelt. Die litorale Sedimentation der Glimmersande wurde mit der Aufschüttung eines Strandwalles abgeschlossen.

In dem bis 50 cm mächtigen Horizont B ist nach oben eine zunehmende, völlig unregelmäßige Einpackung von Mollusken, meistens in Bruchstücken, bemerkbar. Der untere Teil hingegen ist ein typischer Wurzelboden, dessen Durchwurzelung bis maximal 40 cm in die liegenden, nicht verfärbten Sande hineingreift. Nach Art und Tiefe der Durchwurzelung ist bei genügender Höhe des Strandwalles eine krautige Vegetation, vielleicht mit kleinen Gebüschern durchsetzt, zu folgern³⁵).

Diese Vegetationsdecke führte einerseits zur Bodenbildung, also zur Anhäufung von Humus innerhalb der Sande, andererseits fing sie bei jedem Hochwasser — sei es durch Flußüberschwemmungen oder durch Wasserstau bei Sturm von der offenen Seefläche her — feinen Schlamm ab. Es mischten sich die Glimmersande mit feinen Kornfraktionen, so daß besonders im höheren Teil grobsandiger Ton überwiegt³⁶). Speziell in kleinen Tümpeln oder in schmalen distributären Flußarmen zwischen den alten Strandwällen (vgl. JUX & STRAUCH 1965, Taf. 11) konnte eine reiche Molluskenfauna stiller bis leicht bewegter Wasserbereiche unter oligo- (bis mio-) halinen Verhältnissen leben. Sie wurden in situ (im höheren Bereich des Horizontes) oder aus dem Hochwasser von den Pflanzen des Vegetationsgürtels am Fluß (im unteren Bereich) festgehalten und eingesedimentiert.

Die Oberkante der Bank B (vgl. Profil Abb. 2), die sich in dem nahezu 300 m langen Hanganriß gut verfolgen läßt, ist mit 10 m Kammabstand gewellt. Sie unterstreicht nicht nur die geschilderten topographischen Verhältnisse, sondern drängt auch stellenweise die hangende Schicht von ursprünglich 50 cm auf wenige cm zusammen. Diese besteht aus ungeschichteten Feinsanden, die keine Gerölle mehr enthalten. Da die oben beschriebene humos-tonige Sandbank nach S auskeilt, liegen die Feinsande hier mit wechselnd deutlicher Grenze den Glimmersanden auf (C in Profil Abb. 2). Die Untergrenze ist meist gut durch Schillschnüre aus Congerien- und Melanopsiden-Gehäusen gekennzeichnet. Nach oben zu sind die Mollusken nur noch vereinzelt eingestreut. Der oberste Teil der Bank ist hier durch Gehäuse, Pflaster oder ineinandergeschachtelte Klappen von Unioniden in Lebensstellung gekennzeichnet.

Es wiederholen sich offensichtlich ähnliche Sedimentationsbedingungen, wie sie für den liegenden Teil erörtert wurden. Während aber vorher die Sedimentation im Brandungsbereich bis hinter die Strandwälle erfolgte, war sie jetzt in den

³⁵) BUCHNER (1967: 69) glaubt, da er die Wurzelböden nicht bemerkt hat, daß der „Aussüßungshorizont“ in 3 m Wassertiefe abgelagert worden wäre.

³⁶) Die punktierte Kurve in Abb. 3 B veranschaulicht die gleiche Entwicklung für den Aussüßungsbereich von Stadl Rott. Der Anteil an Sand entspricht jenem der Glimmersande. Grobschluff ist kaum vorhanden, während die über 30% feineren Anteile die Körnungskurve noch einmal aufgipfeln lassen.

Mündungsbereich eines Flußarmes verlegt. Der tiefere Teil dieser Ablagerungen repräsentiert den Mischungsbereich des Flußwassers mit dem Seewasser, nämlich den Mündungstrichter. Den Boden überzogen Rasen von Congerien, die meistens an Ort und Stelle eingebettet wurden. Hierüber schoben sich die Mündungsgebiete hinweg. Es finden sich nur noch Muscheln des Süßwassers, nämlich Unioniden, die am Flußufer zusammengespielt oder in situ abgelagert wurden. Der höchste Teil erscheint wiederum wallartig abgesetzt.

Im Mündungsgebiet teilen sich die Flüsse oft in distributäre Systeme auf, deren einzelne Arme sich in das Meeresbecken vorschieben. Diese Läufe werden gesichert von meist außerordentlich flachen Flußuferwällen ähnlich den Strandwällen, in die sie übergehen können (Abb. 2, Abb. 7). Diese „Levees“ der englischen Literatur erreichen oft nur eine Höhe von einem oder wenigen Dezimetern über dem mittleren Wasserstand. Sie sind ein Produkt der periodischen Hochwässer des Flusses (vgl. auch FISK 1960: 189). Hinter ihnen liegen Bereiche ruhiger Sedimentation. HERODOT beschrieb sie bereits aus dem Delta des Nils. Sie lassen sich in allen Mündungsgebieten beobachten und sind besonders aus den Deltabereichen großer Flüsse wie Nil, Euphrat-Tigris, Niger, Hwang-Ho, Po, Donau, Rhône, Rhein u. a. beschrieben worden. Die neuesten Arbeiten liegen über das vom Menschen kaum oder kontrolliert veränderten Mississippi-Delta vor (vgl. Kap. B I 3). Mit der Bildung eines solchen „Levee“ oder Uferwalles fand im Horizont C (Abb. 2) die Sandsedimentation ein Ende.

Über den Feinsanden folgt mit gewellter Sohle ein sandigschluffiger Ton (Bank D in Profil Abb. 2). Dessen basale Teile sind wieder wechselnd stark als Wurzelboden ausgebildet, wobei die Durchwurzelung den gesamten Horizont C durchsetzen kann. Stellenweise ist dieser Teil reich an Pflanzenhäcksel, auch stark durchwühlt. Die Wühlbauten haben einen Durchmesser bis über 1 cm; sie könnten von uferbewohnenden kleinen Krebsen erzeugt sein. Erst im höheren Teil bildet sich allmählich eine Schichtung aus. Hier sind lagenweise (bis 30 cm über der Schichtsohle) Schnecken zumindest randlich stark bewachsener Gewässer eingestreut: *Gyraulus*, *Planorbarius*, *Radix*, *Stagnicola*, die see- oder teichartigen Biotopcharakter anzeigen (SCHLICKUM 1964 a: 45). Die hier häufig auftretende Gattung *Theodoxus* meidet wegen ihres großen Sauerstoff-Anspruches Stillwässer.

Dieses letzte Glied der Folge des Aussüßungsbereichs, der sich ungefähr mit dem von WITTMANN (1957: Abb. 2) angegebenen Profilschnitt deckt, belegt, daß die Regionen hinter den vegetationsbedeckten Strand- und Uferwällen der distributären Mündungssysteme nunmehr in größere und kleinere, meist nicht zusammenhängende flache Becken aufgelöst wurden, die den Etangs des Rhône-Deltas vergleichbar sind.

Die am Profil vom Türkenbach gezeigten Vorgänge (bewachsener Strandwall, Flußmündung, Flußuferwall, lagunärer Bereich) können sich selbstverständlich — zumindest teilweise — wiederholen.

Innerhalb des Aussüßungshorizontes ist der mehrfache Wechsel von Turbulenzzone zu Auftauchzone und Stillwasserbereich häufig nachzuweisen. Oft fol-

gen mehrfach hintereinander unterschiedlich sandige Tonmergel oder Tone und Sandlagen. Über einen verlandeten distributären Mündungsarm kann sich später ein zweiter hinwegchieben. In einem Aufschluß in Grub bei Kirn (Bl. Kößlarn; r 80 170, h 56 450) hat sich ein unterer sandiger Mergelhorizont als Rinnenfüllung eines verlandeten Altwasserarmes erwiesen. Dort kommen in den liegenden Sanden des Uferwalles zahlreiche *Cepaea brandti* vor, die vielleicht in der krautigen Flora der Ufer lebten und so keinen weiteren Transport erlitten hatten. Die Gehäuse sind alle komplett (nur teilweise in sich durch Setzung des Sedimentes zerbrochen). Über dieser Mergelbank folgen wieder einige dm Flußsande in der Fazies der Uniosande (vgl. Kap. B II 6). Die hangenden Mergel leiten zu den „Schillsanden“ über.

Eine Übereinanderfolge von Strandwällen wurde nicht sicher beobachtet. Es liegen keine Hinweise dafür vor, daß sich die Küste rückschreitend bewegte. Die „Glimmersande“, die in der Grube Hintere Lexenau (Bl. Trifttern, 7644, r 78 960, h 54 310) von MAYR (1957: 334) über dem Aussüßungshorizont beobachtet wurden, stellen eine fluviatile Fazies über einem untersten Auftauchhorizont dar, wie es sich auch am Türkenbach oder z. B. am Hohlweg Bergham (Bl. Aidenbach, 7444, r 83 760, h 80 420) beobachten läßt. Nur an einer Stelle hatte MAYR (1957: 330) möglicherweise eine rückschreitende Küstenregion nachweisen können: Die Sande unter dem Aussüßungsmergel bei Punkt r 45 73 670, h 53 500 000 (Bl. Markt 7743) führen Sedimentgerölle eines älteren Aussüßungsmergels. Diese Beobachtung MAYRS ist ein zusätzlicher Hinweis für die eindeutig aus der faziellen Folge ablesbare zeitschräge Lage des Aussüßungshorizontes innerhalb der chronologischen Entwicklung der Oncophoraschichten. Sind schon Zeitdifferenzen bei der Bildung des Horizontes an ein und derselben Lokalität ablesbar, so müssen sie erst recht für weit voneinander liegende Lokalitäten gefolgert werden.

f.

Innerhalb des Bereichs des Aussüßungshorizontes lassen sich neben petrofaziellen auch biofazielle Differenzierungen nachweisen. Aus dem sedimentären Bild seines Liegenden, der obersten Glimmersande, läßt sich nicht immer entscheiden, ob diese noch marine Bereiche, Auftauchgebiete wie Nehrungszungen oder bereits Flußmündungen darstellen. Für den ersteren Fall spricht zum Beispiel das Auftreten von *Rzehakia* bis direkt unter den humosen Wurzelboden, womit hier die Zone des Aussüßungshorizontes beginnt (vgl. Profil am Antersdorfer Bach). Flußmündungsarme und ihre „Levees“ (vgl. Abb. 7), die sich in das Brackwassermeer vorschieben, machen sich hingegen durch Melanopsiden (die auch WITTMANN, 1957: 73, erwähnt) und vor allem durch Unioniden in den obersten Lagen der von ihnen geschütteten „Glimmersande“ bemerkbar. Im Hohlweg bei Thalham (Bl. Simbach, 7744, r 77 160, h 49 470) haben wir noch 2 bis 3 m unter den Tonmergeln des Aussüßungsbereiches im Sand Unioniden — also Muscheln des fließenden Süßwassers — in Lebensstellung gefunden. Hier liegt die biofazielle Gren-

ze des Bereiches des Aussüßungshorizontes tief in den Glimmersanden.

Mit abnehmender Strömungsgeschwindigkeit im Mündungstrichter bildeten sich auf weniger in Bewegung befindlichen Sandböden Congerien-Rasen, die — falls sich ein erster submerser Bewuchs (wahrscheinlich flutende subaquatische Gramineen) einstellte — von *Melanopsis* abgelöst wurden. In den Randbereichen der Flußarme oder in abgeschnürten, leicht brackischen Altläufen lebte an den Ufern, wo sich bereits in lokalen Stillwasserzonen organischer Detritus absetzen konnte, neben *Nematurella pappi* und *Hydrobia frauenfeldi* die für diesen Bereich typische *Limnopappia kuiperi kuiperi*. Die Art fordert neben detritusreichen, vielleicht etwas schlammigen Gewässern noch leicht brackischen Einschlag. Diese Verhältnisse findet sie am Rande der Mündungsarme. Flache Tümpel (mit reichem Pflanzenwuchs) auf Strand- und Uferwällen oder am Rande hinter ihnen waren dagegen der Lebensraum von *Stagnicola*, *Radix*, *Planorbarius*, *Gyraulus* und *Ancylus*. *Sphaerium*, Ostrakoden und Characeen wurden in diesen Bereichen nur selten beobachtet. Es ist möglich, daß sie am Grunde dieser anmoorigen Gewässer keine guten Lebensbedingungen fanden (alle anderen Mollusken lebten im Pflanzenbewuchs) oder daß die außerordentlich zarten Schalen später aufgelöst wurden. Da größere, zusammenhängende Landkomplexe noch entfernt gewesen waren, verwundert es nicht, daß an eingeschwemmten Landschnecken nur eine mittelgroße (*Cepaea brandti*) und eine kleinere Art angetroffen werden konnten (SCHLICKUM 1964 a: 44).

Die ausgesprochen kleinen Arten der Verlandungszone (Carychien, *Vertigo callosa*) fehlen.

g.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Bereich des Aussüßungshorizontes als natürliche Folge des Engerziehens der Küsten der Oncophora-See und der damit verbundenen Verlandung entstanden ist. Auf den Strand- und Uferwällen der einmündenden distributären Flußsysteme bildete sich ein erster Vegetationsgürtel (braune Zone, Wurzelböden), in deren Lee flache Becken und Rinnen abgeschnürt worden waren (graue, ungeschichtete Tonmergel), die weitgehend ausgesüßte, also oligohaline Bereiche darstellten. Letztere führten die Mollusken sauerstoffreicher, eutropher, lakustriner Becken, während die dazwischen durchbrechenden Flußläufe durch in Glimmersandfazies lebende Mollusken des strömenden Wassers angezeigt werden (Abb. 7). Diese vorwiegend biologisch gekennzeichnete Fazies folgte also der Litoralfazies, sie ist in sich — wie alle Schichtglieder der Oncophoraschichten — altersungleich. Die Entstehung einer mehr oder weniger geschlossenen Decke des Aussüßungskomplexes wird so verständlich. Die einzelnen Flußsysteme stören dieses Bild nicht, da sie ihre distributären Arme rasch verlagerten oder aufgaben, so daß überall eine initiale subaerische Phase zu beobachten ist. Aus dem oben entwickelten paläogeographischen und faunistischen Bild geht hervor, daß die Verschiebung der Biozönosen mit der Änderung der Petrofazies korreliert ist, daß aber die Fauna und Flora des Bereiches des Aussü-

ßungshorizontes sowohl in die psammitische Endphase der Glimmersandsedimentation als auch in die mehr pelitische Anfangsphase der folgenden sogenannten „Schillsande“ a u t o c h t h o n eingebettet sein muß.

5. Der Schillsand-Bereich

a.

Die heterogenste Serie innerhalb der Oncophoraschichten stellen die sogenannten „Schillsande“ dar, die sich wechselnd rasch und mit unterschiedlich scharfer Grenze aus den feinklastischen Sedimenten des Aussüßungshorizontes entwickeln. Der Begriff „Schillsande“ wurde von WITTMANN (1957) in die Literatur eingeführt. Die petrofazielle Ansprache ist aber sehr unterschiedlich erfolgt. NEUMAIER & WIESENER (1939: 204) sprechen von „sandigen Mergeln“, ZÖBELEIN (1940: 246) klassifiziert die oberen Oncophoraschichten auf Blatt Pfarrkirchen als „Mergel“, „feinsandige Mergel“ und „mergelige Sande“. Nach WITTMANN (1957: 75) liegt die Kornfraktion zwischen Feinsand (genauer nach SCHAUERTE „Staubsand“ = 0,02— 0,063; 1963: 9) und Grobschluff. Eine eingehende Darstellung der mineralischen Zusammensetzung geben WITTMANN (1957) und MAYR (1957).

Die Korngrößenverteilungen schwanken jedoch noch weiter, als in älteren Arbeiten bisher betont wurde. Proben verschiedener Lokalitäten sind einer Sieb- und Schlämmanalyse unterworfen worden (Abb. 3). Es zeigt sich hierbei, daß die Hauptgemengteile meistens innerhalb der Grobschluff-Fraktion liegen („Staubsand“ in SCHAUERTE). Nur eine Probe (von zehn untersuchten) weist mehr als 50% Feinsand auf, während andererseits eine sogar mit 95% unter der Grenze 0.02 mm bleibt. Hierdurch wird zur Genüge gezeigt, daß der Name „Schillsande“ von der Korngrößenklassifikation her schlecht gewählt ist.

Noch stärker wird dieses Bild durch die unterschiedliche Färbung differenziert. Besonders die grobschluffigen Feinsande weisen ähnlich den Mehlsanden eine hellbeige Farbe auf. Zunehmender Ton- oder Kalkgehalt oder wechselnde Humusannteile erzeugen eine Farbskala über helle Grauwerte zu dunkelblaugrau oder dunkelbraungrau. Das textuelle Bild zeigt in stärker pelitischen Partien eine meist gut sichtbare Feinschichtung. Feinsandige Partien besitzen oft eine flache Schrägschichtung im mm-Bereich. Für diese Bereiche betont MAYR (1957) die z. T. außerordentliche Ähnlichkeit mit den Mehlsanden.

„Wegen der reichen Fossilführung und schillförmigen Anreicherung“ hat WITTMANN (1957: 76) „für diese Einheit die Bezeichnung Schillsande gewählt“. Wie gezeigt wurde, erweckt das Sediment in vielen Fällen (z. B. in den Aufschlüssen in Walksham, Entholz, Grub bei Kirn, am Antersdorfer Bach oder am Türkenbach) aber nicht den Eindruck eines Sandes, sondern vielmehr den eines sandigen Mergels oder tonigen Schluffes. Andererseits handelt es sich nicht nur um schillartige Fossilansammlungen. Oft liegen Pflaster oder unregelmäßig verteilte Einzelgehäuse vor. In vielen Fällen ist Einbettung in Lebensstellung vorhanden. Manche Packen erscheinen auch fast fossilleer.

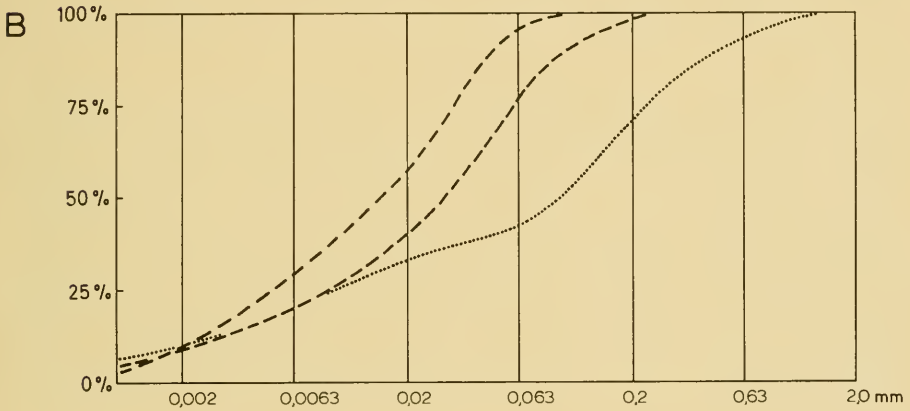
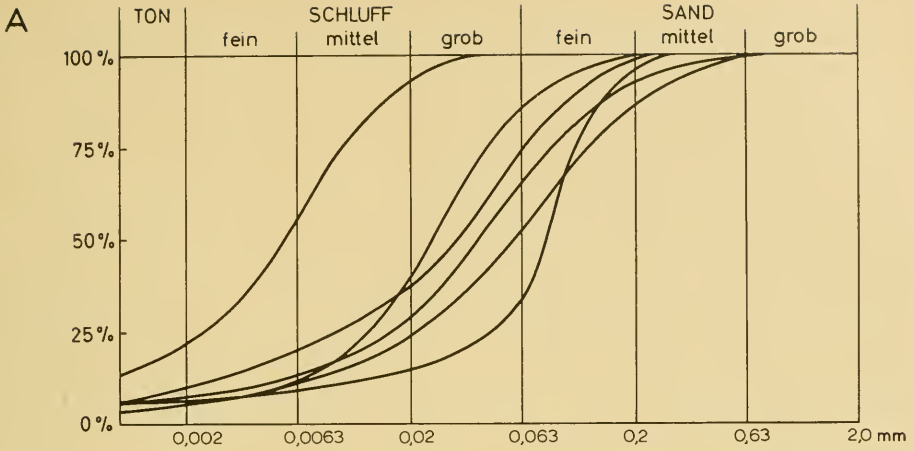


Abb. 3: Korngrößensummenkurven: A. Schillsandproben verschiedener Lokalitäten.
B. Punktiert: Humos-sandiger Horizont des Aussüßungsbereiches von Stadl Rott bei Pfarrkirchen. Gestrichelt: Lakustrische Schichten.

b.

Die Molluskenfauna schließt sich in der artlichen Zusammensetzung eng an den Bestand der Glimmersande an. Sie enthält:

- Clithon (Vittocliton) pictus pictus* (FÉRUSSAC)
- Theodoxus (Theodoxus) cyrtocelis* (KRAUSS)
- Hydrobia frauenfeldi* (M. HOERNES)
- Nematurella klemmi* SCHLICKUM
- Staliopsis (Staliopsis) debmi* (SCHLICKUM)
- Ctyrokia ammoni* SCHLICKUM

Melanopsis impressa impressa KRAUSS
Radix (Radix) socialis dilatata (NOULET)
Unio eseri KRAUSS³⁷⁾
Congeria rottensis (AMMON)
Limnopageta bavaria (AMMON)
Limnopageta schmieri SCHLICKUM
Limnopappia kuiperi sauerzopfi SCHLICKUM
Rzebakia guembeli (GÜMBEL).

Zu dieser Fauna treten eingedrifter Röhren von *Bankia* oder *Teredo* sowie eingeschwemmt Bruchstücke von *Cepaea brandti* SCHLICKUM.

Während in den bisher besprochenen Schichten — ebenso wie in den folgenden Uniosanden — die charakteristischen Arten nicht nur mehr oder weniger allgemein verbreitet sind, sondern meistens auch die ganze Schicht durchlaufen, ist dies in den Schillsanden nicht der Fall. Hier wechseln die Mollusken-Zönosen, so daß verschiedene Gesellschaften ausgeschieden werden können.

Gelegentlich wurden kleine Ostrakoden-Populationen beobachtet.

c.

Die differenzierte Molluskenverteilung und die heterogene Sedimentzusammensetzung hat für diese Schichten nur zu wenigen Erörterungen über die Umwelts- und Ablagerungsbedingungen geführt. Wenige recht unterschiedliche Bemerkungen verschiedener Autoren sind Hinweise auf die bisherigen unklaren genetischen Vorstellungen. Offensichtlich haben schillartige Anreicherungen von Molluskenklappen und -gehäusen WITTMANN verleitet, nicht nur „zusammengeschwemmte Totengesellschaften“ infolge „unruhiger Sedimentationsverhältnisse“, sondern sogar „brandungsähnliche Bewegungen“ (1957: 84) anzunehmen. Ganz anders sieht MAYR die Sedimentation, indem er glaubt, daß die Schillsande sich als erneute Stillwasserfolge über die Glimmersande legen (1957: 334). Trotz sehr unterschiedlicher Verhältnisse im petro- und biofaziellen Bild sind diese widersprüchlichen Deutungen unwahrscheinlich.

Das Profil am Türkenbach kann auch hier als repräsentatives Beispiel dienen (Abb. 2). Wie bereits im vorigen Kapitel dargestellt wurde, entwickelt sich über sandigen Strand- oder Uferwällen der Aussüßungszone ein krautiger Vegetationsgürtel. Über dem Wurzelboden mit seltenen Landschnecken — nur *Cepaea brandti* — schieben sich Lagen mit Süßwasserschnecken ein. Die Schichtung wird nun immer deutlicher, Staubsandbeimengungen treten auf. Lagen mit *Planorbarius* und *Gyraulus* wechseln mit kaum auffälligen³⁸⁾ *Radix*-Pflastern. Die nächsten rezenten Verwandten von *Radix socialis dilatata* vertragen einen Salzgehalt von höchstens 14 ‰ (vgl. SCHLICKUM 1964 a: 46, insbesondere Fußnote 37). Ca. 10—20 cm

³⁷⁾ Wir fanden im April 1966 in Eitzenham ein doppelklappiges Stück. Ein weiteres liegt aus einer alten Aufsammlung von Rothalmünster vor (vgl. SCHLICKUM 1964 a: 23 und GRIMM daselbst: 56).

³⁸⁾ Die bauchigen *Radix*-Gehäuse sind sehr dünn, glasartig und immer verdrückt.

über den ersten Lagen limnischer Schnecken schalten sich in enger Wechsellagerung erste Congerien-Pflaster und *Melanopsis*-Lagen ein. Nach oben wird ein brackischer Einschlag immer deutlicher, und die Schillagen der Congerien bilden auffällige, einige cm dicke Bänder mit sandigem Zwischenmittel. Schließlich folgen verstreut bereits wieder Rzehakien in der kurz gedrungenen Form pelitischer Böden³⁹).

Der allmähliche Übergang von der Aussüßungszone zum Hangenden schließt nicht aus, daß im untersten Bereich der Schillsande örtlich kleine Salinitätsschwankungen rasch aufeinanderfolgen können⁴⁰). Lagen von Planorben und Congerien sind nur durch mm-dicke Schluff- oder Tonlagen voneinander getrennt oder gehen allmählich ineinander über. So zeigt beispielsweise das untere hervortretende, sicherlich autochthone Congerien-Schillpaket an einigen Stellen eine abschließende Schicht von *Gyraulus trochiformis dealbatus* und *Nematurella pappi*, zwei Arten also, die ansonsten den Biotopen des Aussüßungshorizont-Bereiches zu eigen sind. In den höheren Lagen der Schillsande sind die Schwankungen nicht mehr so extrem und erfolgen auch langsamer; dennoch wechselt auch hier noch die Salinität der Gewässer vom Oligohalinikum mit *Radix*, *Theodoxus Clithon*, *Limnopappia*, u. a. bis zu mindestens pliohalinen Verhältnissen, unter denen *Rzebakia* gute Lebensbedingungen fand. Diese allmählichen Schwankungen lassen sich in allen Profilen der Schillsande erkennen, wobei nicht nur eine zunehmende Verbrackung — wie in der Literatur allgemein angenommen wird — sondern auch zwischengeschaltete Aussüßungsvorgänge bemerkbar sind. Das zeigen nicht nur die über größere Strecken verfolgbaren Profile am Türkenbach und Antersdorfer Bach, sondern auch kleinere Aufschlüsse.

Zur Verteilung der Fauna ist noch zu bemerken, daß die pliohaline *Rzebakia guembeli*, wie bereits MAYR (1957: 336, vgl. auch WITTMANN 1957: 76) aufgefallen ist, sehr stark zurücktritt. Das fazielle Bild wird nicht mehr durch diese Art, sondern durch ein massenhaftes Auftreten von *Congeria rottensis* und *Limnopageticia schmieri* bestimmt.

d.

Wie der Aussüßungshorizont zeigen alle Profile eine Eigenentwicklung, die sich in Fauna und Körnung ausdrückt. Die Fazies ist so wechselhaft, daß die Behauptung GRIMMS (1964: 166), „die . . . Schillsande müssen einem großen zusammenhängenden Brackmeer zugeordnet werden“, schon aus diesem Grunde nicht haltbar ist. Die Schillsande sind in der konsequenten Weiterentwicklung der oberen Glimmersande (SCHLICKUM 1964 a: 45, 49, 57) und des Aussüßungshorizontes hinter der Küstenlinie zum Absatz gekommen. Hinter den Hochwasserwällen distributärer Flußmündungssysteme und den Strandwällen liegen flache Wann,

³⁹) Wir konnten nicht beobachten, daß die unteren 2 m des Schillsandbereiches hier fossilleer sind, wie WITTMANN betont (1957: 29). Auch andernorts sind „fossilleere“ Lagen äußerst selten.

⁴⁰) Natürlich liegt keine synchrone und „abrupte“ Aufsalzung vor (GRIMM, 1964: 147, Fußnote 2), wie SCHLICKUM (1964 a: 46) schon zeigte.

die aus jedem rezenten Deltagebiet als mit Seen und Teichen durchsetzte Marschen bekannt sind (Abb. 2, oberes Profil). Die geschlossenen Gewässer dieser „Inter-Levee“-Bereiche sind als Ponds, Bays, Etangs, Limanen, Lagunen oder ähnliches aus verschiedenen Gebieten gut beschrieben worden (Abb. 6 und 7). Es sind Bereiche geringer oder fast fehlender Sedimentation, da die Hauptsedimentmengen von den Flüssen direkt ins Meer geschüttet werden. In voll abgeschnürten Bereichen entstehen so limnische Becken, in denen durch allmähliche Verlandungsprozesse nur eine außerordentlich geringe Sedimentzuwachsrate vorhanden ist.

Da der Untergrund aus z. T. mächtigen jungen Sedimenten des vorstoßenden Deltakegels besteht, ist ein starker Setzungseffekt zu bemerken. Für das gut untersuchte Mississippi-Delta-Gebiet werden Setzungswerte von 1,5 bis 30 cm pro Jahr beobachtet (vgl. WELDER 1959, dort ältere Literatur und weitere Daten), die die „Inter-Levee Basins“ wie auch ihre Umrandung gleichmäßig absenken. Flußuferbank wie Küstennchrung werden zwar fortwährend höher geschüttet (FISK 1960: 189). Dennoch durchbrechen infolge dieser Absenkung immer wieder ein Fluß oder das Meer bei Hochwasser oder Sturm die erniedrigten Barren, so daß diese Gebiete immer wieder in den Wirkungsbereich von Fluß und Meer einbezogen und weite Sandfahnen in die lagunären Bezirke eingeschüttet werden. Besonders Einbrüche vom Meer her bewirken eine wechselnd starke Verbrackung dieser lagunären Räume.

Gleicherweise müssen die Schillsand-Bereiche als hinter dem Strand des Onophora-Meeres abgesetzt gedeutet werden (Abb. 4). Die Schüttung größerer Sedimentmengen war hier zunächst unterbunden, so daß sich die Setzung auswirken konnte, schließlich besteht der Untergrund aus mächtigen jüngeren Klastika. Weitestgehend ausgesüßte Beckenbereiche, kleine Tümpel, Seen, verlandete Gebiete mit reichem Pflanzenwuchs konnten sich nach ihrer Bildung kurzfristig halten, wie die limnischen Horizonte über der Verlandungsphase des „Aussüßungshorizontes“ zeigen. Ähnlich wie WELDER es (1959: 2) beschrieb, dürften Marschen und Seen von Jahr zu Jahr mit zunehmender Setzung salziger geworden sein, weil durch die Strandwälle mehr und mehr salziges Grundwasser durchdringen konnte. War eine Nehrung nicht geschlossen oder war seewärts eine Öffnung gebrochen worden, so standen diese Lagunen mit dem offenen Brackmeer in Verbindung. Wenn kein rückwärtiger Zufluß — vielleicht auch nur sporadisch durch Hochwässer — vorhanden war, herrschten schließlich wieder dieselben salinaren Verhältnisse wie im offenen Brackmeer. So wird die rückläufige Salinität vom Süß- zu Salzwasser an der Basis der Schillsande verständlich, die z. B. angezeigt wird durch die Molluskenfolge *Gyraulus trochiformis dealbatus* — *Congeria rottensis* — *Rzehakia guembeli*. Einen solchen Faunenwechsel beschrieb aus Inter-Levee-Basins RUSSEL (1936: 167) anhand der Lamellibranchierfolge *Unio* (süß) — *Rangia* (brackisch) — *Ostrea* (marin).

Aber auch im direkten Nebeneinander lassen sich noch unterschiedlich salinare Faunenfolgen erkennen. Von den Uferwällen der Flüsse fallen die Flanken sanft zu den Lagunen ab (Abb. 2). Die flußnäheren Bereiche stehen stets noch im

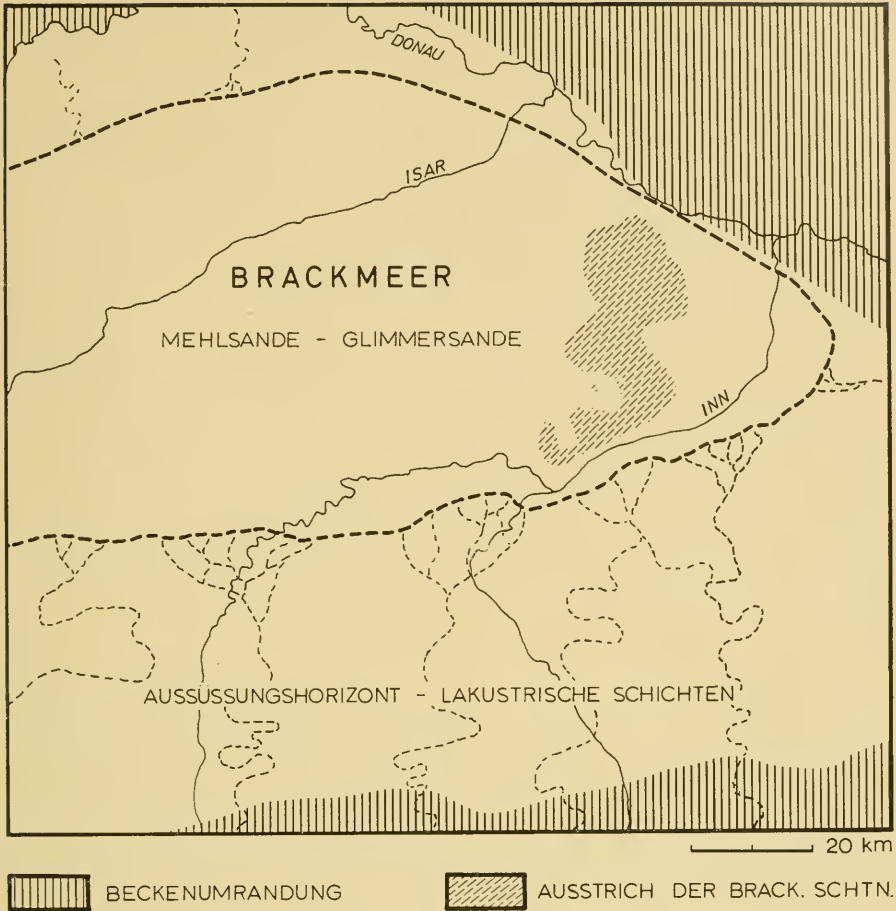


Abb. 4: Möglicher physiographischer Zustand, bevor der Aussüßungsbereich die Innlinie im östlichen Niederbayern überwanderte. Gestrichelt sind die Ausstriche in Niederbayern.

Einflußbereich süßen Grundwassers. „Fresh water plants gradually give way to brackish and than salt water types“ (WELDER 1959: 11). In derselben Weise ändern sich auch die Molluskengemeinschaften in engstem Nebeneinander. Züngeln die unterschiedlichen Salinare nur wenig in der zeitlichen Abfolge übereinander weg, so werden außerordentlich rasche Faunenwechsel wie im Übergangsbereich Aussüßungshorizont/Schillsande am Türkenbach verständlich.

Am Türkenbach kann man über weite Distanzen beobachten, wie die schluffig-tonigen Sedimente des Grenzbereiches Aussüßungshorizont/Glimmersand sich Schicht für Schicht fast unmerklich dem liegenden Sand, also den sehr flach geböschten Strand- oder Uferwällen anlagern. Hinter den Wällen kam es durch „feeble

overflow currents“ (WELDER 1959: 57) zur Sedimentation von Tonen, wie es das Schnittbild Abb. 2 zeigt.

Meistens waren die Lagunen außerordentlich flach. Trotz möglicherweise relativ großer Wasserflächen konnten auch starke Winde in nur zwei bis drei dm tiefem Wasser keine Aufbereitung durchführen oder gar noch Strandwälle aufwerfen. In diesem Bereich finden wir Mollusken in Lebensstellung oder in autochthonen Rasen. Die zahlreichen Limnopagetien weisen sehr stark rückgebildete Schlösser auf, was ebenfalls wie das massenhafte Auftreten von *Melanopsis impressa impressa* auf ruhige Wasserbedingungen hinweist (vgl. MAYR 1957: 334). Die Arten konnten nicht in einem Meer mit grundberührendem Seegang gelebt haben, wie GRIMM annimmt (1963).

Erst in tieferen, wahrscheinlich dem offenen Meer nahen Zonen konnten Molluskengehäuse zu flachen Schillinsen zusammengetrieben werden. In solchen Bereichen herrschte auch vermehrte Sandsedimentation. EMERY (1957: 675), FISK (1964: 189) u. a. wiesen darauf hin, daß bei starkem Seegang durch Öffnungen zur Lagune oder selbst über die Barren hinweg diese Basins zumindest auf der meerwärtigen Seite mit feinen Sanden verfüllt werden. Selbstverständlich können auch starke Hochwässer der Flüsse in anderen Lagunenteilen stets zu Sandeinschaltungen führen. In dieser Weise werden die heterogenen Faziesbilder der Sedimente des Schillsand-Bereiches verständlich.

e.

Abschließend läßt sich über den Bereich der Schillsande ein paläogeographisches Bild entwerfen, wie es Abb. 7 darzustellen versucht. Hinter der Küstenlinie war die Sedimentationsgeschwindigkeit stark gebremst, so daß sich die kleinen „Inter-Levee“-Areale des Aussüßungsbereichs erweiterten und so weit unter den Meeresspiegel absanken, daß wieder Brackwasser nachströmen konnte. Somit ist der wechselnde Salzgehalt der Hauptunterschied dieser beiden Sedimentationsbereiche. Zwischen den einzelnen lagunären Becken selbst konnten Salzgehalt und Sedimentarten schwanken, so daß sich wechselnde Faunengemeinschaften einstellten. Die Annahme GRIMMS, daß die Schillsande, ebenso wie die Mehlsande und die Glimmersande „einem großen zusammenhängenden Brackmeer zugeordnet werden“ müßten (1964: 162), ist nicht haltbar.

6. Die Uniosande

a.

Über den Schillsanden folgen im östlichen Niederbayern die Schichten, welche in der älteren Literatur als „Süßwassersande und -mergel“ verzeichnet sind und in „Uniosande“ und „Limnische Süßwasserschichten“⁴¹⁾ untergliedert werden. Die gesamte Folge besitzt aber wechselnd starke brackische Einschlüge (SCHLICKUM 1964 a: 47), was man aufgrund der Namengebung nicht vermuten sollte.

⁴¹⁾ Vgl. Kapitel B I b.

Aus den Schillsanden entwickeln sich ohne scharfe Grenze wechselnd rasch weißgelbe bis gelbbraune, feine Sande, die ZÖBELEIN (1940: 246) als Uniosande bezeichnete. Die Abtrennung sowohl vom Liegenden wie vom Hangenden erfolgt trotz der gelegentlich häufigen *Unio*-Führung in der Hauptsache nach petrographischen Gesichtspunkten. Unter Abnahme des Ton- und Schluffgehaltes und bei nur noch sporadischem Kalkgehalt gehen aus lagunären Sedimenten Staub- und Feinsande hervor, wobei meist „eine stetige Korngrößenzunahme“ (WITTMANN 1957: 80) unter Beimengung von Mittelsand (größer 0,2 mm) bemerkbar wird. Parallel dieser Entwicklung wird die engspannige Horizontalschichtung in Kreuzschichtungspakete (z. T. bis 80 cm mächtig; z. B. Unterplaika) überführt. Eine eingehende Darstellung der Uniosande wie auch der hangenden Sedimente bringen WITTMANN (1957), MAYR (1957), SCHAUERTE (1962) und GRIMM (1964).

b.

Die Molluskenfauna besteht aus

- Theodoxus (Theodoxus) cyrtocelis* (KRAUSS)
- * *Hydrobia frauenfeldi* (M. HOERNES)
- ** *Nematurella klemmi* SCHLICKUM
- * *Melanopsis impressa impressa* KRAUSS
- Radix (Radix) socialis dilatata* (NOULET)
- Margaritifera flabellata* (GOLDFUSS)
- Unio eseri* KRAUSS
- * *Congeria rottensis* (AMMON)
- * *Limnopagatia modelli* SCHLICKUM
- * *Rzebakia guembeli* (GÜMBEL).

Außerdem wurden auch in den Uniosanden eingedrirtet Röhren von *Teredo* oder *Bankia* festgestellt.

An eingeschwemmten Landschnecken fanden sich ein Stück von *Poiretia (Pseudoleacina) kleiniana* PILSBRY und Bruchstücke von *Cepaea brandti* SCHLICKUM.

c.

Die Uniosande besitzen petro- wie biofaziell große „Ähnlichkeit mit den Glimmersanden“, wie bereits WITTMANN betont (1957: 80). Zumindest trifft dieses für die obersten Meter der Glimmersande⁴²⁾ mancher Lokalitäten zu. Die sehr ähnliche Genese ergibt sich aus der Sediment- und Faunenanalyse. Korngröße und Textur der Uniosande weisen auf fließende, Sand vorschüttende Gewässer hin. Die Flußmuscheln *Unio eseri* und *Margaritifera flabellata*, die an die Stelle der „Teichmuschel“ *Anodonta splendens* getreten sind, zeigen eindeutig den Biotop langsam bis mäßig rasch fließender Flüsse an. Andererseits fehlt die lagunäre Art *Clithon (Vittoclithon) pictus*, welche sowohl die „Aussüßungs“- wie Schillsand-Bereiche kennzeichnet.

⁴²⁾ Nicht unseres „Glimmersand-Bereiches“, denn mit diesem Begriff ist die Genese verknüpft (vgl. Kap. B I b).

Diese Flußläufe lassen sich aber auch räumlich zu den Sedimenten der obersten Glimmersande und den unteren Bereichen der Aussüßungszone in Beziehung setzen. Während letztere die Mündungsfächer und die aus dem Sandmaterial aufgeworfenen Brandungswälle darstellen, formierten sich die distributären Mündungsarme oberhalb ihres Gefällsknickes, wo sich der Aufstau durch das Meereswasser nicht mehr so stark bemerkbar machte, zu mäandrierenden Flußläufen mit deutlicher werdenden Strömungsanzeichen; sie setzen hier die Uniosande ab (Abb. 7). Selbstverständlich sind sehr kleine Gefällswinkel anzunehmen, denn das Hinterland dürfte noch relativ niedrig und wenig reliefiert gewesen sein.

Ein und derselbe Fluß ist also mit drei Abschnitten seines Unterlaufes in den niederbayerischen Schichten repräsentiert: 1) Der noch nicht aufgespaltene mäandrierende Lauf setzte unter gut nachweisbarer Strömung zunächst Feinsande ab (= Uniosande). 2) Im Deltabereich fingerte er in eine Anzahl von Rinnen auf, die ins Meer sich vorschiebende Sandkörper aufbauten. Hatte die Sohle des distributären Armes eine bestimmte Höhe erreicht, wurde das alte Bett verlassen, und eine neue Rinne entstand. Zwischen den einzelnen Armen verbleibt der Raum der tonig-schluffigen Schillsandpartien, während die Rinnen (allerdings nicht in ihrem direkten Mündungsbereich) seine feinsandigen Horizonte aufbauen (ein Beispiel hierfür mögen die Schillsande am Stegerkeller bei Kößlarn sein). 3) Im Mündungsgebiet selbst sorgte die Aufbereitung der Brandung für den Absatz der höchsten Glimmersande und der sich daraus entwickelnden supralitoral Teile (= oberster Glimmersandbereich und Glimmersande des Bereiches des Aussüßungshorizontes). Der feinere Anteil wurde in tiefere Beckenregionen verfrachtet.

Durch diese Deutung wird auch die „lückenhafte Verbreitung“ der Uniosande (GRIMM 1964: 155) verständlich. Außerhalb des Schüttungsgebietes des mäandrierenden Flusses, das sich hier noch nicht so weiterflächig aufgliederte wie im Küstenbereich, konnten sich die Lakustrischen Schichten (= „limnischen Süßwasserschichten“) absetzen (Abb. 4, 7). Somit ist sicher eine „fazielle Differenzierung in der Lateralen“, wie GRIMM richtig betont (1964: 157), vorhanden; diese kann aber kein „Zeugnis eines weiten, zusammenhängenden, intensiv durchströmten Beckens wie zur Zeit der Mehl-, Glimmer- und Schillsande“ (GRIMM 1964: 168) sein. Nicht nur bei den „Mehl-, Glimmer- und Schillsanden“ sondern auch bei den Uniosanden sind zudem für GRIMM (1964) rock unite und time unite ident. Diese angeblich in sich „synchrone“ Uniosande sollen zeitlich vor den Ablagerungen der „Limnischen Süßwasserschichten“ stehen. GRIMM (1964: 155) konnte „regionale Änderungen der Kornverteilung“ nicht feststellen, weil die Ausbildung der Uniosande im gesamten Ablagerungsraum einheitlich ist (: 168). Diese Einheitlichkeit muß sogar gefordert werden, wenn sich gleiche Sedimentationsbedingungen im Zeitablauf räumlich verschieben, also unterschiedliche Faziesbereiche übereinander hinwegwandern.

d.

Die Artenzahl in den Uniosanden ist nicht sehr groß. Fossilien finden sich meistens verstreut. Es handelt sich um Arten zum Teil recht unterschiedlicher Lebens-

weise, deren Verbreitungsmaxima in anderen Biotopen liegen können. Es sind euryhaline Brackwasser- oder echte Süßwasserarten. Wenige Stücke einiger Arten sind eingeschwemmt.

Wenn GRIMM (1964: 161) unter Berufung auf den Satz vom „Artenminimum im Brackwasser“ (REMANE 1958: 21) meint, die wesentlich artenreichere Fauna der Lakustrischen Schichten im Vergleich zu den Uniosanden „bezeuge schon die fortgeschrittene Aussüßung“, so verkennt er, daß dieser Satz nicht so unbedenkenlos angewandt werden kann. Er gilt einmal nur dann, wenn nicht weitere entscheidende Biotopfaktoren hinzutreten. Dies ist aber im Verhältnis der Uniosande zu den Lakustrischen Schichten gerade der Fall. Während die Uniosande Flußbildungen darstellen, sind die Lakustrischen Schichten Ablagerungen von Stillwässern, deren Biotopspektrum ungleich größer ist. Die Molluskenfaunen reiner, gutbewachsener Stillwasser sind nun einmal regelmäßig sehr viel artenreicher als Flußfaunen.

Zum anderen bezieht sich das Artenminimum (REMANE 1958: 21), das beim Übergang von Salz- zu Süßwasser bei etwa 5—8 ‰ auftritt, allein auf die zahlenmäßige Abnahme der rein marinen und rein limnischen Organismen. Marine Mollusken fehlen aber in unserem Vergleichsfall völlig. Stattdessen hat sich in den Oncophoraschichten zu den eulimnischen Arten eine typische Brackwasserfauna gesellt. Brackwasserarten erreichen gerade ihr zahlenmäßiges Maximum im Bereich des allgemeinen Artenminimums! Und *Rzehakia*, *Limnopageta*, *Nematurella*, sowie *Hydrobia frauenfeldi*, *Melanopsis impressa* und *Congeria rottensis* sind reine Brackwassergattungen bzw. -arten!

Nicht nur die Arten-, sondern auch die Individuenzahl ist recht gering, was durch die Argumentation GRIMMS ebenfalls nicht erklärbar ist. Die Vergleiche von Artenzahlen führen nur dann zu einem verwertbaren Ergebnis, wenn annähernd identische Biotope verglichen werden. Keinesfalls ist es aber statthaft, die Artenzahl von pflanzenbestandenen Stillwässern mit breitem Kleinbiotopspektrum mit jener eines durchströmten Flußbettes zu vergleichen. Im Flußbett konnten sich nur Arten des Endopsammons ansiedeln; alle anderen fanden keine passenden Lebensbedingungen, so daß das Arten- wie auch das Individuenminimum leicht und ohne gekünstelte Konstruktionen erklärlich werden.

Der Salzgehalt lag gelegentlich in den Uniosanden etwas höher als im Bereich des Aussüßungshorizontes. Hierauf deuten die Formen von *Hydrobia frauenfeldi* und *Congeria rottensis* hin. *H. frauenfeldi* tritt in den Uniosanden an den wenigen Punkten, an denen sie festgestellt werden konnte, zwar nicht in der optimalen Ausbildung auf, welche sie im Sarmat des Wiener Beckens zeigt; sie erscheint aber auch nicht in der ausgesprochenen Kümmerform, welche den Aussüßungshorizont geradezu kennzeichnet und welche auch in den Lakustrischen Schichten vereinzelt wiederkehrt (SCHLICKUM 1964 a: 6, 45, T. 1, Fig. 8—12). Ähnlich kommt *C. rottensis* zwar schon in den Uniosanden in einer Kümmerform vor, den letzten Grad der Verkümmerng erfährt sie aber nur im Aussüßungshorizont (SCHLICKUM 1964 a: 25—26, T. 4, Fig. 60—62).

Es fällt auf, daß *Hydrobia frauenfeldi* in der Sandgrube von Kelchham (Bl. Pfarrkirchen) in außerordentlich großer Individuenzahl auftritt, dagegen aber am Prallhang des Grasenseebachs bei Woching z. B. fehlt (SCHLICKUM 1964 a: 6). Diese Beobachtung könnte ihre Erklärung darin finden, daß der Raum von Kelchham in einer küstennäheren oder mehr randlichen Phase des Flußgebietes als der Raum von Woching (Abb. 7) lag. Hierfür spricht auch die Tatsache, daß *Rzehakia guembeli* bei Woching nicht festgestellt werden konnte.

Das weitere, allerdings seltene Auftreten von *Rz. guembeli* scheint auf den ersten Blick nicht zum Faunenbild der Uniosande zu passen. SCHLICKUM (1964 a: 47) hat daher angenommen, daß diese Erscheinung „durch vorübergehende Einbrüche von Brackwasser stärkerer Salzkonzentration zu erklären“ sei. Man hätte daran denken können, daß es sich um Siedlungsräume in bereits abgeschnürten Schlingen des Flusses, die wieder verbrackten, gehandelt hat. Es ist aber wohl näherliegend anzunehmen, daß sich infolge der Mündungsnähe unterschiedlich salzhaltige Wässer vertikal übereinandergeschichtet haben, wie es an rezenten Beispielen allenthalben zu beobachten ist⁴³⁾ 44).

Im höheren Teil der Uniosande werden mit zunehmender Unruhe der Sedimentation und abnehmendem Schluffgehalt die sowieso seltenen Brackwasserformen noch spärlicher, bis schließlich nur noch Unioniden beobachtet werden können. Das zeigt an, daß sich die Küste allmählich entfernte und immer weiter flußaufwärts gelegene Stromteile ihre Sedimente übereinanderschoben (Abb. 6 und 7). So sind die scheinbaren Gegensätze, die sich aus der Faunenliste ergeben, geklärt.

e.

Gemäß ihrer Petrofazies müssen die Uniosande als küstennahe Ablagerungen von Flüssen gedeutet werden (vgl. Abb. 7). Sie stellen somit auch Sedimente dar, die nur auf den Bereich ehemaliger Flußläufe beschränkt sind; sie sind nicht nur zeitliche Äquivalente zu den anderen Gliedern der Oncophoraschichten, sie können im Faziesablauf auch regional andere Schichtkomplexe vertreten. Während dies für die Schillsande nur teilweise zutrifft, gilt es für die Lakustrischen Schichten in vollem Umfange.

⁴³⁾ Nicht nur in Ästuaren, wie zum Beispiel im Elbeästuar, läßt sich eine vertikale Schichtung unterschiedlich salinärer Bereiche beobachten. Im Mississippi-Delta strömt Salzwasser viele km landeinwärts in den Pässen hoch. Nach mündl. Mitteilung von Prof. JUX sind noch in der Höhe von Baton Rouge über 200 km oberhalb der Mündung des Mississippi Tintenfische geangelt worden.

⁴⁴⁾ GRIMM (1964: 169) lehnt gerade diese Erklärung ab, weil er von der unzutreffenden Auffassung ausgeht, daß die Uniosande noch Ablagerungen eines „einheitlich durchströmten Beckens“ seien, ein Kontakt von Meer- und Süßwasser daher nicht vorläge. Er kann deshalb auch nicht das Auftreten von *Rz. guembeli* (GÜMBEL) erklären!

7. Die Lakustrischen Schichten⁴⁵⁾

a.

„Nach oben gehen die Uniosande unter Einschaltung geringmächtiger Mergel- bzw. Tonhorizonte“ in die „Limnischen Süßwasserschichten“ (= Lakustrische Schichten) über (SCHAUERTE 1962: 14). Wie gemäß der Faziesentwicklung zu erwarten ist, ist die Grenze nicht immer scharf ausgeprägt. Diese mannigfaltige Serie beschreibt GRIMM (1964: 156) „als schwärzliche, braune, graue und grüne Kalkmergel, Mergel, Tone, Sandtone und Sande unterschiedlicher Körnung und Textur. Die Feinschichtung ist mangels Glimmersonderung schwer zu erkennen. Die Sedimentpakete erscheinen meist massig gelagert. Besonders bezeichnend sind die reich fossilführenden, durch Humusabsatz charakteristisch braun oder kakaobraun gefärbten Lagen, zum Teil mit schmalen Braunkohleeinschaltungen.“

Diese braunen Niveaus⁴⁶⁾ finden sich besonders an der Basis dieser Schichten. Sie sind meistens — vor allem wenn sie aus unterlagernden Uniosanden hervorgehen — sedimentologisch gleich oder ähnlich den braunen Bänken des Bereiches des Aussüßungshorizontes entwickelt. Selbst der Wurzelboden läßt sich oft nachweisen.

Da die Uniosande nicht überall abgesetzt wurden, können die Schillsande örtlich das Liegende der Lakustrischen Schichten bilden. Dann ist selbstverständlich die Grenze zum Liegenden besonders unscharf, da beide Schichtkomplexe fast unmerklich ineinander übergehen können.

b.

An Wassermollusken erscheinen:

- * *Clithon (Vittocliton) pictus pictus* (FÉRUSAC)
- Theodoxus (Theodoxus) cyrtocelis* (KRAUSS)
- * *Hydrobia frauenfeldi* (M. HOERNES)
- ** *Nematurella pappi* SCHLICKUM
- ** *Nematurella irenae* SCHLICKUM
- Bithynia glabra* (ZIETEN)
- ** *Mohrensternia* sp.
- * *Melanopsis impressa impressa* KRAUS
- * *Brotia (Tinnyea) escheri* (BRONGNIART)
- Stagnicola (Stagnicola) armaniacensis* (NOULET)
- Stagnicola (Stagnicola) bouilleti* (MICHAUD)
- Radix (Radix) socialis dilatata* (NOULET)
- Planorbarius cornu* (BRONGNIART)

⁴⁵⁾ Zum Begriff „Lakustrische Schichten“ vgl. Kap. B I 2.

⁴⁶⁾ Wenn WITTMANN (1957: 94) meint, die „braunen Horizonte“ seien „ein bezeichnendes Merkmal“ seiner „Einheit IV“, das heißt der „Süßwassersande und -Mergel“, so beruht diese unscharfe Ausdrucksweise darauf, daß er nicht zwischen Uniosanden und „Limnischen Süßwasserschichten“ unterscheidet.

Gyraulus trochiformis dealbatus (A. BRAUN)

Ancylus wittmanni SCHLICKUM

Unio kirchbergensis kirchbergensis KRAUSS

Anodonta splendens GOLDFUSS

Pisidium cf. *annandalei* PRASHAD

* *Congeria rottensis* (AMMON)

* *Limnopagetia modelli* SCHLICKUM

* *Rzehakia guembeli* (GÜMBEL)

sowie eingedriftet

Bankia oder *Teredo* sp. .

Von diesen Arten ist *Stagnicola (Stagnicola) bouilleti* für den Horizont typisch. Sie konnte mit einer einzigen (wahrscheinlich zufälligen) Ausnahme in allen Aufschlüssen festgestellt werden.

Zu den Wassermollusken tritt hier erstmalig eine größere Zahl eingeschwemmter Landschnecken:

Carychium eumicrum BOURGUIGNAT

Carychium nouleti BOURGUIGNAT

Carychium sandbergeri HANDMANN

Vertigo (Vertigo) callosa (REUSS)

Gastrocopta (Sinalbinula) nouletiana (DUPUY)

Succinea (Amphibina) minima KLEIN

Discus (Discus) neumaieri SCHLICKUM

Opeas minutum (KLEIN)

Leucochroopsis francofurtana (WENZ)

Klikia (Apula) coarctata (KLEIN)

Cepaea brandti SCHLICKUM⁴⁷⁾.

c.

Die Bereiche, welche die mäandrierenden Flußläufe wieder freigegeben hatten (Abb. 4), waren ähnlich den Schillsandregionen Gebiete verlangsamt und geringeren Sedimentabsatzes geworden. Die anfangs verlandenden Altwasser der Flüsse verschmolzen infolge der Setzung zu größeren See- und Tümpelkomplexen

⁴⁷⁾ SCHLICKUM hat (1964 a) die Mergelgrube von Forsthart, die weitere Landschnecken führt, den Lakustrischen Schichten zugerechnet. Die Horizontierung durch GRIMM (SCHLICKUM 1964 a: 54) dürfte aber nicht zutreffen. Es handelt sich nach der Molluskenfauna mit *Cepaea silvana* (KLEIN) (SCHLICKUM 1964 a: 20) um einen Aufschluß der Oberen Süßwassermolasse (vgl. auch GRIMM 1964: 159).

Tab. 2: Verteilung der Mollusken an den verschiedenen Fundpunkten der Lakustrischen Schichten im östlichen Niederbayern. (Anmerkung: Statt *Rzhakia* lies *Rzehakia*!)

	Asenberg Fögelsberg Oberbirnbach Steinbach Unterplaika Walksham Fuchssöd * Schindergraben * Woching * Schwarzmair									
	BRACKISCH					LIMNISCH				
Clithon pictus	■									
Theodoxus cyrtocelis			■	■						
Hydrobia frauenfeldi	■									
Nematurella pappi	■		■	■	■	■				
Nematurella irenae						■				
Bithynia glabra				■				■	■	■
Mohrensternia sp.	■									
Melanopsis impressa	■	■	■	■	■					
Brotia escheri					■					
Stagnicola armaniensis			■	■	■	■	■	■	■	■
Stagnicola bouilleti	■	■	■		■	■	■	■	■	■
Radix socialis					■	■	■	■	■	■
Planorbarius cornu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gyraulus trochif. dealbatus			■	■	■	■	■	■	■	■
Ancylus wittmanni	■		■		■	■	■	■	■	■
Anodonta splendens	■				■	■			■	
Pisidium annandalei						■				
Congeria rottensis		■	■	■	■	■				
Limnopageta modelli		■		■						
Rzhakia guembeli		■								
Teredo od. Bankia		●		●						

■ Art nachgewiesen ■ „Mastform“ ● marine Art eingespült

//// Süßwassermollusken (bis 3‰ maximal)

//// voll ausgesüßter Bereich

* Lokalität mit eingespülten Landschnecken aus der Uferzone

(Abb. 7), die aber noch weiter hinter der Küste lagen als die „Schillsand“-Areale. Dennoch sind innerhalb dieser Lakustrischen Schichten Brackwasserzuflüsse erklärlich. Je weiter ein Gewässer vom strömenden Fluß entfernt war, um so geringer wurde die Sedimentation und somit um so stärker der Einfluß des Setzungseffektes. Gerade in solche Gebiete kann dann immer noch brackisches Wasser eindringen. WELDER (1959: 20) hat beobachtet, daß durch Windstau unter solchen Umständen Meerwasser tief in das Land hineingedrückt werden kann.

Die braunen, humosen Zonen an der Basis der Lakustrischen Schichten wie jene des Aussüßungsbereiches stellen eine echte Faziesrekurrenz dar, wobei die letzteren freilich wesentlich stärker ausgesüßt sind. Der basale Wurzelboden der Lakustrischen Schichten weist wieder auf eine subaerische Vegetation hin. Von den Uferwällen der Flüsse ausgehend konnte sich ein Grüngürtel entwickeln, der diesmal sicher aus einer mannigfaltigen, artenreicheren Flora gebildet worden war, wie sich aus der Landschneckenfauna und makro- und wie mikrofloristischen Resten ergibt. Mit weiterer Entfernung vom Flusse, aber größerer Annäherung an eulimnische Bereiche entstand schließlich eine Flachmoorvegetation, Sumpfflora oder gar eine subaquatische Flora, worauf wieder besonders einige Süßwasserschnecken (ganz besonders *Stagnicola bouilleti*) hinweisen.

In diese Regionen schütteten gelegentlich Hochwässer Schlamm oder feine Sande als weite Fächer hinein. Wenn ein Fluß sich ein vollkommen neues Bett durch diese lakustrischen Gebiete wählte, kam es erneut zum Absatz von „Uniosanden“. „Auch noch hoch über der Obergrenze der Uniosande können petrographisch gleichartige Sande in die Limnischen Süßwasserschichten [unsere Lakustrischen Schichten] eingeschaltet sein“ (GRIMM 1964: 156).

d.

Die Aufschlüsse in den Lakustrischen Schichten zeigen untereinander ein sehr heterogenes Faunenbild. In Tabelle 2 ist die Verbreitung der Faunenelemente an den verschiedenen Fundpunkten dargestellt. Neben rein limnischen Arten führt eine Reihe von Lokalitäten noch reiche Populationen an Brackwassermollusken. In Fögelsberg tritt sogar die euryhaline *Rzehakia guembeli* noch auf. Dort und in Steinbach fand sich die Cardiide *Limnopagetia modelli*. Diese beiden Plätze und Oberbirnbach führen eine eigene ökologische Variante von *Congeria rottensis*. Besonders auffällig ist das Auftreten einer *Mobrensternia* sp. in Asenberg; allein dort kehrt auch *Clithon pictus* wieder.

Es ist weiterhin bemerkenswert, daß die Brackwasserarten *Congeria rottensis* und *Limnopagetia modelli* an den drei bzw. zwei genannten Fundpunkten nicht als Kümmerformen auftreten. *Congeria rottensis* zeigt im Gegenteil sogar eine Riesenform ($H = 9,0$; $L = 20,6$), wie sie sonst nirgends beobachtet wurde. Andererseits weisen hier die dünnen Schalen der Brackwassermollusken und die gleichzeitig vorhandenen Süßwassermollusken darauf hin, daß die Aussüßung tatsächlich sehr weit fortgeschritten war. Dieser Faktor spielt bei Brackwasserarten aber eine untergeordnetere Rolle, da sie alle stärker euryhalin als die meisten marinen oder

limnischen Arten sind. Maßgebend für die Großwüchsigkeit von *Congeria rot-tensis* war hier sicher allein der sehr hohe Nahrungsanfall. In diesen reich mit Pflanzenbewuchs durchsetzten Gewässern konnten sich *Mastformen* bilden, wogegen ansonsten durchaus gut belüftete und salinitätsmäßig günstige, aber nahrungsarme Bereiche wie die Flußmündungen (etwa am Übergang Glimmersande/Aussüßungshorizont) oder Flußunterläufe (Uniosande) kleine, flache Formen aufweisen. Selbst *Rzehakia*, die am wenigsten weit in ausgesüßte Bereiche vorstößt, erreicht bei Fögelsberg mit ihren Gehäusen noch Längen von 18,5 mm.

Eine rein limnische Molluskenfauna (Tab. 2) — ohne jeden Hinweis auf brackischen Einfluß — begegnet uns andererseits in Fuchsöd, Woching, Pfarrkirchen und Schwarzmaier (Koordinaten der Fundpunkte siehe bei SCHLICKUM 1964 a). Es treten zwar gegenüber den Fundpunkten der ersten Kategorie keine neuen Faunenelemente des Süßwassers hinzu, diese Aufschlüsse weisen aber im Gegensatz zu den anderen als einzige eingeschwemmte Landschnecken auf, während andererseits in Fögelsberg und Steinbach allein Teredinen-Reste gefunden wurden. Das bestätigt die aus dem petrofaziellen Bild gewonnenen Vorstellungen: Die brackischen Areale der Depressionen weisen noch sporadisches Einfluten von Seewasser auf, indem die land- bzw. uferbanknahen Bereiche ausgesüßt sind.

Zwischen diesen beiden Gruppen von Aufschlüssen liegt eine weitere — Walksham und Unterplaika. Deren Faunenbild unterscheidet sich, wenn man von dem Hinzutreten von *Stagnicola (St.) bouilleti*⁴⁸⁾ absieht, von den Verhältnissen im Aussüßungshorizont mit einem Salzgehalt zwischen 0,5—3 ‰ nur geringfügig.

Die eingeschwemmten kleineren Landschnecken-Arten stellen die Lebensgemeinschaft der verlandenden Uferzone dar. *Succinea (Amphibina) minima* lebte auf den am und im Wasser stehenden Pflanzen des Uferandes. *Vertigo (V.) callosa* bewohnte den Landstrich an der Schlammgrenze. Die *Carychium*-Arten und *Discus (D.) neumaierei* gehörten zu den Tieren des angrenzenden feuchten Uferbereiches. Die weiteren Arten stammen aus dem Ufergebüsch. Mollusken, die diesen Biotopen fremd sind, fehlen. Der Lebensraum dieser Schnecken waren die Verlandungszone der Altwässer und die angrenzenden Auegebiete.

e.

Die Lakustrischen Schichten stellen das Schlußglied eines einheitlichen allmählichen Aussüßungsvorganges der Brackwassermolasse dar. Es handelt sich um die letzte lagunäre und schließlich endgültige Verlandungsphase der flachen Becken, die sich mündungsnah zwischen den von den aufsteigenden Alpen kommenden Flußläufen befanden. Sie sind dazu ein fortgeschrittenes Aussüßungsprodukt der Schillsandfazies, die — ähnlich allen anderen Faziesgürteln der Oncophora-schichten — gleichzeitig im küstennäheren Bereich abgesetzt wurde.

⁴⁸⁾ Daß in den dortigen Gewässern sogar extrem ruhige Stillwasserverhältnisse mit reichem Pflanzenbewuchs und somit günstigen Lebensbedingungen für eine artenreiche Fauna bestanden, zeigt eindeutig die außergewöhnlich lang ausgezogene Gestalt von *Stagnicola (Stagnicola) bouilleti*.

C. Die Schlußfolgerungen

1. Die Abschnürung des Beckens

Wie eingangs bereits betont worden ist, haben nach den bisherigen Kenntnissen zwischen dem ostniederbayerischen und dem Ulmer Brackmeerbecken keine unmittelbaren Beziehungen bestanden. Dies bestätigt erneut ein Vergleich der in dieser Untersuchung mitgeteilten Faunenlisten mit den gut bekannten Faunengesellschaften von Ober- und Unterkirchberg (vgl. SCHLICKUM 1963). Wo allerdings die Grenze zwischen dem Ulm-Kirchberger und dem ostniederbayerischen Becken gelegen hat, ist noch nicht sicher zu sagen. Auch das Ausmaß dieses Schwellengebietes bleibt unklar. Zuletzt hat GRIMM (1964:166) noch einmal vermutet, daß die Albsteinschwelle die Trennung und Eigenentwicklung der beiden genannten Regionen bedingt haben kann. Andererseits zeigt eine Faunenrevision der von PAULUS (1964: 39—40) und GANSS (1965: 308) mitgeteilten Bohrungen von Pliening (NO-München) und dem Chiemsee-Gebiet (vgl. hierzu auch SCHLOSSER 1893), daß auch in diesen Regionen noch eindeutig Kirchberger Molluskengemeinschaften vorliegen (vgl. SCHLICKUM 1969: a, b). Das Ulm-Kirchberger Brackmeer muß also mindestens bis in diesen Raum gereicht haben.

Möglicherweise liegt die Erklärung für das Fehlen einer f a ß b a r e n Schwelle darin, daß vielleicht keine vollkommene Alterskongruenz zwischen den beiden Becken besteht. In einer Zone geringerer Senkungsgeschwindigkeit konnte der Molassetrog durch Sedimentfächer in zwei Teilbecken zerlegt werden, was aus dem lithologischen Bild der in der fraglichen Region nur aus Bohrungen belegten Schichtenkomplexe nicht unbedingt ersichtlich sein muß. Das kleinere niederbayerische Becken ist dabei vollkommen vom vollmarinen Bereich abgetrennt worden und konnte schnell verbracken und verlanden, während das größere Ulm-Kirchberger Becken vielleicht noch nach Südwesten Meeresverbindung besaß und in der Entwicklung gegenüber dem östlichen nachhinkte. Barrieren vollmarinen Wassers allein können, wie sich aus den weiteren Ausführungen über das Verhältnis zum mährischen Becken ergibt, die Entwicklung der endemischen Brackwasserlebensgemeinschaften nicht verursacht haben.

Für den östlichen Teil der deutschen miozänen Brackwassermolasse glauben besonders jüngere Autoren Beziehungen zum niederösterreichisch-mährischen Raum zu sehen. Wie jetzt aus der Untersuchung der einzelnen Schichtglieder der niederbayerischen *Oncophoraschichten*⁴⁹⁾ hervorgeht, beruhen diese Ansichten jedoch auf falschen Voraussetzungen.

⁴⁹⁾ Nach dem weiträumigen Auftreten der auffälligen Gattung *Rzehakia* wurden entsprechende Sedimente des Jungtertiärs von Mähren bis in den südrussisch asiatischen Raum als „*Oncophora*-Schichten“ bezeichnet (vgl. DAVIDASCHVILI 1937; CICHÁ & TEJKA 1960; KVALIASCHVILI 1962). Die zum Teil sehr unterschiedlichen Faunengemeinschaften — selbst *Rzehakia* tritt in verschiedenen Arten auf — zeigen aber, worauf noch zuletzt SCHLICKUM & ČTYROKÝ (1965: 107) hinwiesen, daß die einzelnen Becken nichts miteinander zu tun haben.

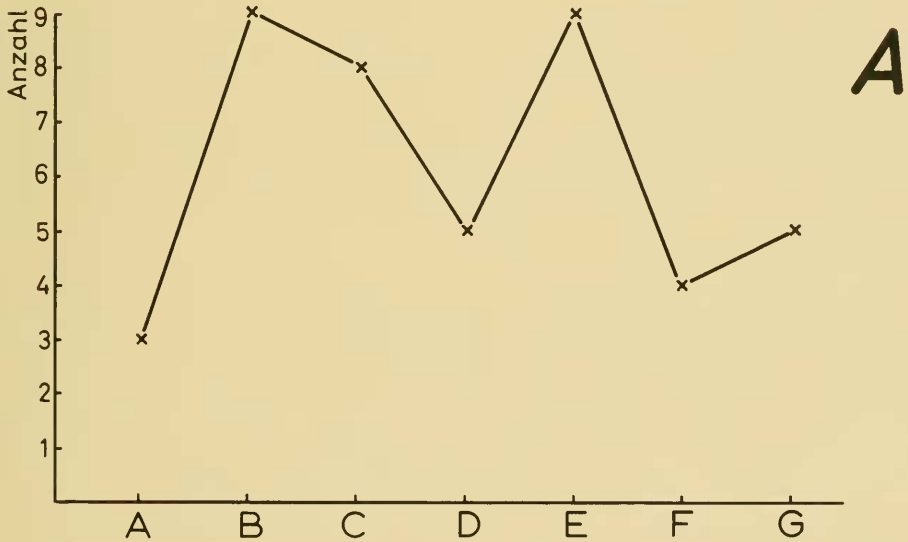
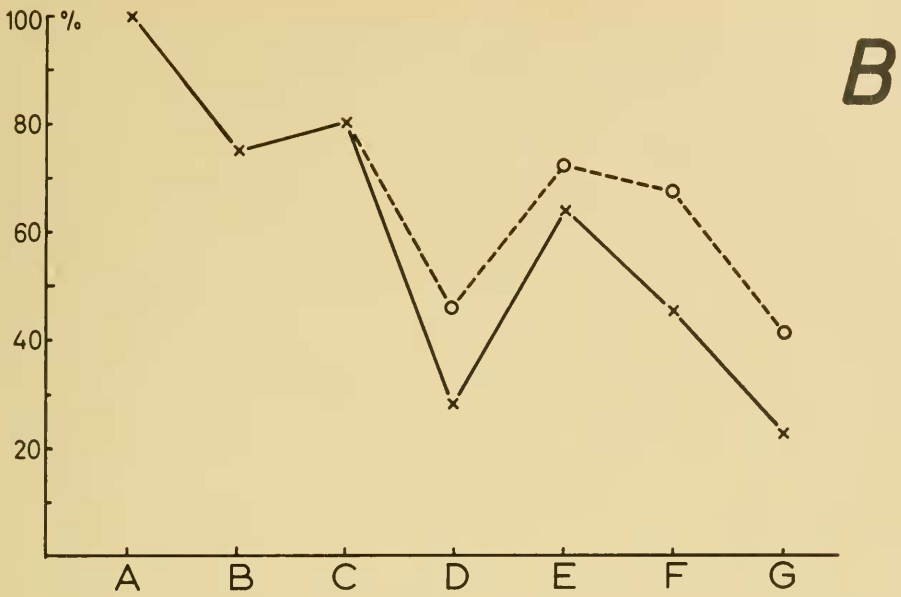


Abb. 5: Endemische Arten in den Oncophora-Schichten (Mehlsande bis Lakustrische Schichten: A bis G).

Diagramm A: Absolute Anzahl an endemischen Arten. B. Prozentualer Anteil endemischer Arten. Die gestrichelte Linie bezieht die außerdem nur noch im Kirchberg-Ulmer Becken auftretenden Arten mit ein.

impressa und der weit verbreitete *Clithon pictus*. Dieses Verhältnis entspricht annähernd vergleichbaren rezenten Beispielen: Von 58 Molluskenarten im Kaspischen Meer sind 50 endemisch und nur 5 mediterran (vgl. ZENKEWITSCH 1963: 364). Noch stärker verarmt ist die Fauna des Aralsees.

Eine Verbindung zum offenen Meer normaler Salinität, wie sie GRIMM (1964: 162) annimmt, bestand demnach höchstwahrscheinlich während der Ablagerungszeit der Oncophoraschichten nicht mehr. Die St. Pöltener Straße war zu dieser Zeit geschlossen. In keinem Falle läßt sich im Profil der Brackwassermolasse Niederbayerns das plötzliche Erscheinen einer Art feststellen, deren erste Entwicklung allein in randlichen Brackwasserzonen des niederösterreichischen Beckens gelegen hätte. Falls eine Verbindung bestanden hätte, wäre das nach Niederbayern einströmende Salzwasser sicher nicht von allen Organismen abgesiebt worden. Außerdem sollte man in diesem Fall die noch brachyhalinen Cerastodermen erwarten. Diese fehlen aber im ostniederbayerischen Becken völlig, während in den Kirchberger Schichten mindestens noch 4 Arten auftreten, die eher Hinweise auf einen sporadischen Salzwasserzustrom (vielleicht von SW) für das Ulmer Becken geben können.

Auch hiermit wird die Ansicht GRIMMS widerlegt, wonach mit dem „synchronen“ Aussüßungshorizont, der über den ganzen östlichen niederbayerischen Raum feststellbar ist, die erste Brackwasserphase ein Ende gefunden habe. Die brackischen Mollusken hätten dann in brackischen Resttümpeln zusammengedrängt werden und schließlich mit endgültiger Aussüßung aussterben müssen. Mit dem „markantesten Einbruch von Salzwasser“ (GRIMM 1964: 164) aus Niederösterreich mußte also jetzt eine vollkommen anders geartete Brackwasserfauna, nämlich die Endemismen randlicher Verbrackungsgebiete des niederösterreichisch-mährischen Beckens von den Schillsanden ab in Niederbayern herrschen. Das ist nicht der Fall. Nicht einmal eine Mischung beider Formenkreise zu Zeiten, wo „Verbindungen“ vorhanden gewesen sein sollten, läßt sich nachweisen, da dann die Minima der Kurven in Abb. 5 B bei B, C und E und nicht bei D und G gelegen haben dürften.

2. Die zeitschräge Lage des Profils

Durch die vollkommene Abschnürung der niederbayerischen Oncophora-See wird auch der „zyklische Wechsel“, wozu GRIMM den Salzwasserzufluß benötigt, illusorisch. Mit aller Vorsicht hatte WITTMANN (1957: 88) zuerst auf „zwei vergleichbare Rhythmen der Sedimentation“ hingedeutet. SCHAUERTE (1963) und GRIMM (1964) haben diese Darstellung aufgegriffen und sich in ihren Folgerungen zu wesentlich schärferen Formulierungen gesteigert. SCHAUERTE (1963: 132—133) liest aus dem von ihm gesehenen „Rhythmus der Auf- und Abbewegungen“ sogar zwei „Cyclothemen“, eine Anschauung, die GRIMM (1964) übernommen hat. Dieser Darstellung ist aber nach den Folgerungen des letzten Kapitels der Boden entzogen. Da das wieder höher salinare Wasser, welches die Fauna der Schillsande anzeigt, nicht durch frische Nachschübe erklärt werden kann, müßte es aus dem niederbayerischen Raum selbst gekommen sein. Es mußten also auch während der Bildung des Aussüßungshorizontes noch irgendwo vollbracki-

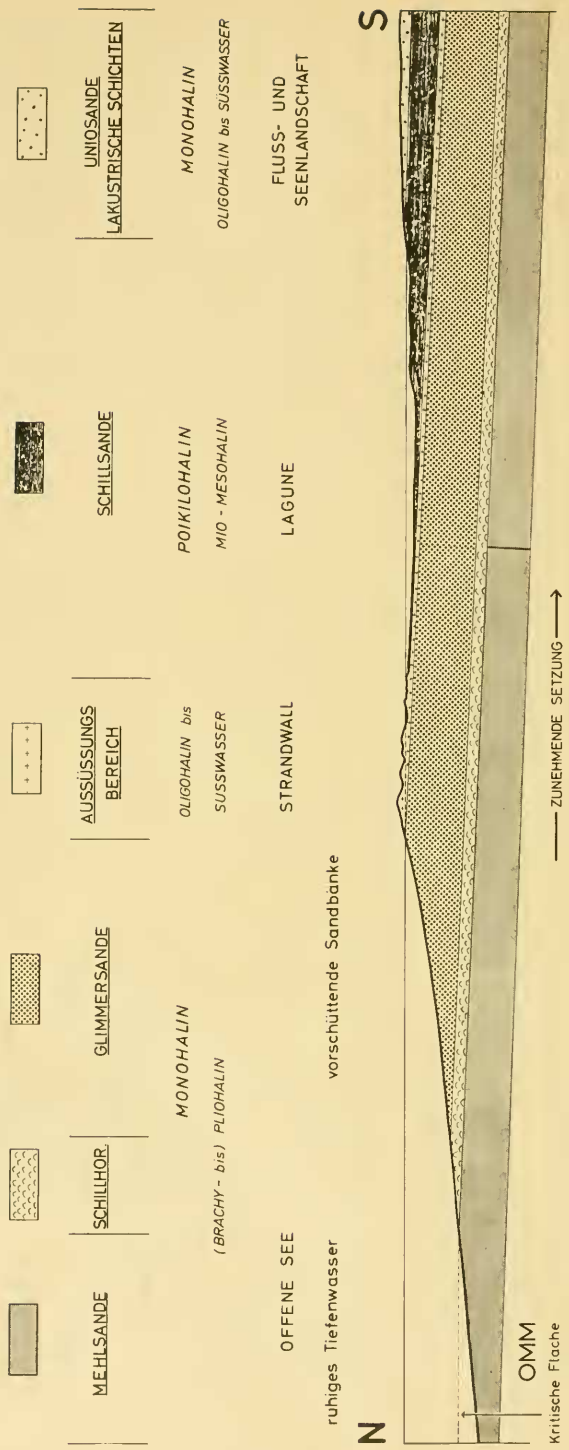


Abb. 6: Schematisches Querprofil (stark überhöht) durch den Ablagerungsraum der *Oncophora*-Schichten, der das gleichzeitige Nebeneinander der unterschiedlichen Faziesbereiche veranschaulicht.

sche größere Beckenbereiche existiert haben, und so müssen auch unterschiedliche Sedimentationsareale im zeitlichen Nebeneinander angenommen werden (Abb. 4, 6, 7).

Das aktualistisch nicht vergleichbare Beispiel eines über einige 100 km² ausgedehnten „synchronen“ Aussüßungshorizontes gibt es nicht.

Das natürliche Nebeneinander verschiedener Fazies wird von früheren Autoren für den Fall der Lakustrischen Schichten / Uniosande durchaus eingeräumt. Selbst die unbedingte Konstanz der Bildungszeit des Aussüßungshorizontes wird von MAYR (1957: 330) in Frage gestellt. Er diskutiert auch, ob der Schillhorizont „der Effekt einer allmählichen Verlagerung des Spülsaumes“ sei (: 326). Andererseits aber schreibt MAYR (1957: 359), „daß die einzelnen Glieder der Oncophoraschichten mit ihrer flächenhaft gleichen faziellen und faunistischen Entwicklung im Gebiet zwischen Inn und Vils jeweils an allen Punkten gleichzeitig gebildet wurden. Seitliche Verzahnungen der einzelnen Fazies sind nicht vorhanden“. Das ist um so mehr verwunderlich, als er für den größeren marinen Komplex der OMM solche als normal hinstellt. Selbst GRIMM bringt gelegentlich aktualistische Gesichtspunkte (hier in bezug auf Uniosande / Lakustrische Schichten): „Das einheitliche Wasserbecken wurde in eine Landschaft von Abschnürungsbecken, Strandseen und Lagunen geringer Wassertiefe aufgelöst, die zunächst wohl noch mit dem offenen Meer durch schmale Durchlässe verbunden blieben“ (1964: 170). Was zu dieser Zeit im Bereich des „offenen Meeres“ geschah sowie wo und wie dessen Sedimente abgelagert wurden, erörtert GRIMM nicht. Die natürlichste Einstellung fand noch WITTMANN (1957: 85): „Eines ist sicher: die Mehlsande des hier untersuchten Gebietes haben irgendwo ihre Marin-, vielleicht auch ihre Süßwasseräquivalente.“ Und sein Bild vom „schwach geböschten Schwemmkegel“ (: 86) kommt sicherlich den ursprünglichen Gegebenheiten recht nahe.

Es wurde eine Faziesdifferenzierung nur gesehen, wenn innerhalb eines Horizontes regional leicht erfaßbare Änderungen bemerkbar wurden (z. B. im obersten Teil der OMM). Andererseits wurde ein über viele Zehner von km in der N-S- wie E-W-Erstreckung völlig homogenes Schichtenpaket als repräsentativ sowohl für Tief- und Flachwasser als auch für Brandungs- und Strandzone angesehen. Dabei würde dieses einheitliche Bild der Petro- und Biofazies auch stets gleichbleibende Bildungsbedingungen erfordern, die in dem reich gegliederten Becken der Oncophoraschichten Niederbayerns in einer solchen Ausdehnung sicher nicht vorhanden waren. Ein über weite Distanzen in sich völlig einheitliches Sedimentpaket kann nur durch wandernde Fazies als in sich ungleichaltriger Schichtkörper zusammenwachsen.

Diese Entwicklung geht nicht nur aus der vorangegangenen Analyse der einzelnen Glieder der Oncophoraschichten hervor (vgl. Tab. 1), sie läßt sich auch aus vielen faunistischen Einzelbeobachtungen erschließen. In den einzelnen Horizonten lassen sich immer wieder eingespülte biotopfremde Elemente

zeigen, die auf den nah gelegenen andersartigen Lebens- und Sedimentationsraum schließen lassen. In Pakete mit autochthoner Brackwasserfauna sind limnische und terrestrische Fossilien eingespült, andererseits sind (etwa durch einen Sturm) Klappen von Brackwassermollusken in limnische Horizonte transportiert worden.

Einen besonders wichtigen Hinweis liefern die für sämtliche Horizonte der oberen Oncophoraschichten nachgewiesenen Terediniden (SCHLICKUM 1964 a). Da sie nicht aus dem Raum Niederösterreichs abgeleitet werden können, beweisen sie, daß zur Zeit ihrer Ablagerung vom Aussüßungshorizont bis in die Lakustrischen Schichten ein vorgelagerter freier Seebereich in Niederbayern bestand, in dem noch die Sedimentation von Mehl- und Glimmersanden erfolgte. Nur dort konnten die Hölzer frei driften und sich *Teredo* oder *Bankia*⁵²⁾ entwickeln, während die Schichten oberhalb des Glimmersandes in den Sedimentationsräumen abgelagert wurden, wo die Drifthölzer stranden konnten.

Ein Hinweis auf eine synchrone Faziesvertretung ist über jeden Zweifel erhaben, nämlich wenn sich Leitfossilien finden lassen. Eine solche, in einer raschen phylognetischen Abwandlung befindlichen Gruppe liegt in den *Limnopagetia* vor. SCHLICKUM (1964 a: 27; 1967: 175) konnte zeigen, daß *Limnopagetia bavarica* am Anfang einer gerichteten Entwicklung steht, die unabhängig von faziellen Differenzierungen ablief. Die Grenze, an welcher diese Art erlischt, die annähernd eine Zeitgleiche darstellen muß, läuft auf einem Nord-Südschnitt schräg durch das Profil der Oncophoraschichten⁵³⁾. In den Mehlsanden und im Schillhorizont tritt die Art ganz allgemein in allen Gebieten auf. In den nördlichen Vorkommen der Glimmersande wird sie nicht mehr gefunden. In den Schillsanden tritt *Limnopagetia bavarica* nur im südlichsten Raum, nämlich in Haunreit und am Türkenbach auf, wo die Schillsande altersmäßig also noch dem Bereich Mehlsande / Schillhorizont nördlich der Rott entsprechen.

3. Der einheitliche Ablauf der Aussüßung

Aus dem vorigen Kapitel ergibt sich, daß der scheinbare Wechsel brackischer und nahezu limnischer Sedimentation keine Folge „rhythmischen Auf und Ab des Beckenbodens“ (GRIMM 1964: 164) oder von „Schaukelbewegungen“ (: 165) mit wiederholtem Zustrom von frischem Salzwasser aus Regionen außerhalb dieses Beckens sein kann. Eine „sprunghafte“ Änderung der Salinität von Schicht zu Schicht ist unter den geschilderten Umständen keinesfalls an „Katastrophen“, als deren mögliche Ursachen GRIMM wiederholte „Hebungen und Senkungen“ (1964: 167) annimmt, sondern an die unterschiedlichen physiographischen Bereiche gebunden. Falls tektonische Bewegungen angenommen werden müssen, waren es säkulare Pro-

⁵²⁾ GRIMM (1964: 162) erwähnt „Phola[d]iden“, die von uns nicht nachgewiesen werden konnten.

⁵³⁾ Die Angabe BUCHNERS (1967: 65), die Molluskenfauna bleibe in allen untersuchten Sedimenteinheiten in der Lateralen und in der Vertikalen gleich, entspricht nicht den Tatsachen.

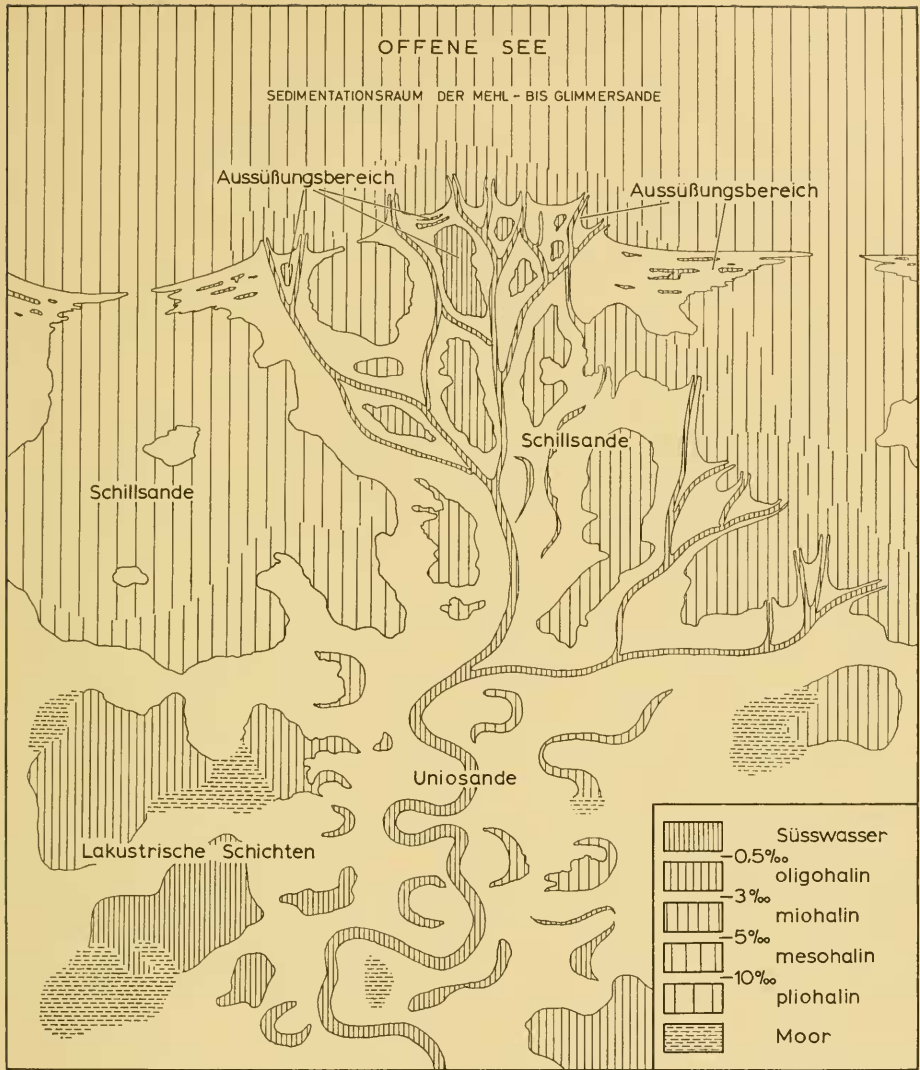


Abb.7: Schema der räumlichen Verteilung und Entwicklung der Faziesbereiche und der Salinitätsverhältnisse innerhalb der Oncophora-Schichten. Die nicht schraffierten Flächen liegen in Höhe des Brackmeerspiegels oder nur wenig höher (Lakustrische Schichten/Uniosande), sie dürften zeitweilig auch überflutet gewesen sein.

zesse, welche die Sedimentationsart und -dauer in den einzelnen Faziesstufen nur modifizierten.

Viele marine Mollusken vertragen ohne weiteres eine leichte Verbrackung. In der Ostsee sind marine Arten noch im Mesohalinikum zu finden. Für das Meer

der OMM ist zumindest für die Endphase aufgrund der Makro- und Mikrofaunen ein erniedrigter Salzgehalt anzunehmen. Da nur enge Straßen mit dem Tethysraum verbunden, andererseits aber Süßwasserzuflüsse von allen Seiten in das Becken hineinmündeten, muß der Salzgehalt unter dem des Weltmeeres gelegen haben. Nach der Abtrennung des niederbayerischen Raumes von den südosteuropäischen Randmeeren konnten sich euryhaline Meeresmollusken anfangs auf die beginnende Verbrackung einstellen. Erst hernach konnten Arten der Gattungen *Limnopageta*, *Rzchakia* u. a. großräumig auftreten. Es muß also der brachyhaline Zustand des bayerischen Molassemeeres bereits weitestgehend durchschritten gewesen sein, bevor überhaupt die Ablagerung der Oncophoraschichten einsetzte.

Nach Abschnürung des Beckens dürfte die Süßwasserzufuhr nur wenig die Verdunstungsrate überschritten haben. Der Bereich des allmählich immer stärker eingegengten Brackwassersees blieb zumindest im Gebiet der in Niederbayern erschlossenen Oncophoraschichten immer im Pliohalinikum (Salzgehalt 10—18‰). Das Brachyhalinikum wird im Ablagerungsareal der OMM (und vielleicht der untersten Mehlsande?) gelegen haben. Ansonsten hat sich die Salinität im Ablagerungsbereich der Mehlsande, des Schillhorizontes und der Glimmersande nicht gegeneinander verschoben, da alle drei Fazies das offene Becken charakterisieren (Abb. 6, 7). Nur küstennah kann sich eine Änderung zeigen; so ist stellenweise in den obersten Glimmersanden der Einfluß mündender Flüsse faunistisch zu belegen (Abb. 7). Hier konnte am Strand des Meeres der Salzgehalt sehr rasch bis in mio- oder oligohaline Zonen fallen.

Im Bereich des Aussüßungshorizontes lag hinter der Küste ein Gebiet oligo- bis infrahaliner Gewässer. Außerordentlich wechselhafte Verhältnisse werden durch die Schillsande repräsentiert. Randliche Fazies können Hinweise auf starke Aussüßung geben, während zentrale oder küstennahe Bereiche nahezu die Salinität des offenen Meeres erreichen (Abb. 7). Es handelte sich um miohaline bis vielleicht oligohaline Biotope, deren Profile somit eine poikilohaline Fazies darstellen (Abb. 6), keineswegs aber von „salzfreiem Wasser bestimmt“ sind (MAYR 1957: 359).

Die stärker ausgesüßten, nur küstennah abgelagerten Uniosande hatten einen Salzgehalt bis 3‰. Die heterogenen Lakustrischen Schichten sind die letzte Aussüßungsphase sowohl der lagunären Bereiche der Schillsande wie auch der Altwässer der Flußmäander. Dementsprechend reichte ihr Salzgehalt von 3‰ bis unter 0,5‰.

Somit ist bewiesen, daß die ostniederbayerische Brackwassermolasse einen einmaligen, einheitlichen Aussüßungsvorgang darstellt, der durch physiographische Verhältnisse, die in unterschiedlichen, zeitgleich nebeneinander existierenden Petrofazies zum Ausdruck kommen, modifiziert wurde.

D. Schriften

- ABERER, F.: Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg. — Mitt. geol. Ges. Wien, 50: 23—94, 1958
- AMMON, L. VON: Die Fauna der brackischen Tertiärschichten in Niederbayern. — Geogn. Jh., 1: 1—22, 1887
- BITNER, A.: Über die Gattung *Oncophora*. — Verh. k. k. geol. Reichsanst., 141—144, 1893
- BRAUMÜLLER, E.: Die paläogeographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg. — Erdoel-Zeitschr., 77: 509—520, 1961
- BUCHNER, A.: Das Sedimentgefüge im unteren Teil der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns. — Bayer. Akad. Wiss., Abh. math.-naturw. Kl., 130: 76 S., 1967
- CICHA, I. & TEJKAL, J.: Podmínky vzniku a stáří rzhakiových vrstev v miocénu centrální části paratethydy. — Geol. Sborník, 11: 119—136, 1960
- DAVIDASCHVILI, L. S.: On the *Oncophora*-beds, their fauna and their distribution. A contribution to the study of the older brackish-water faunas of the Eurasian Tertiary. — Probl. Paleont., 2—3: 585—592, Publ. Lab. Paleont. Moscow Univ., 1937
- EMERY, K. O. & STEVENSON, R. E.: Estuaries and Lagoons. I. Physical and Chemical Characteristics. — Geol. Soc. America, Memoir 67, 1: 673—693, 1957
- FISK, H. N.: Recent Mississippi River sedimentation and peat accumulation. — Quatrième congrès pour l'avancement des études de stratigraphie et de géologie du carbonifère; compte rendu, 1: 187—169, 1960
- FÜCHTBAUER, H.: Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. — Z. deutsch. geol. Ges., 105, Jg. 1953: 527—530, 1955
- GANSS, O.: Ergebnisse der Kohlenbohrungen B 1 — B 14 im Gebiet Endorf — Wasserburg/Inn — Obing. — Geol. bavarica, 55: 290—309, 1965
- GANSS, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges., 105, Jg. 1953: 402—495, 1955
- GRIMM, W.-D.: Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). — Beih. Geol. Jb., 26: 97—200, 1957
- GRIMM, W.-D.: Der Schillhorizont in der ostniederbayerischen Süßbrackwassermolasse und seine bergbauliche Gewinnung. — Geol. Mitt., 3: 221—253, 1963
- GRIMM, W.-D.: Die „Süßwassersande und -mergel“ in der ostniederbayerischen Molasse und die Aussüßung des miozänen Brackmeeres. — Mitt. bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 4: 145—175, 1964
- GÜMBEL, C. W. VON: Geognostische Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges oder des Bayerischen und Oberpfälzer Waldgebirges. — Geogn. Beschr. Königr. Bayern, 2. Abt., 1868
- GÜMBEL, C. W. VON: Die miozänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete und die Stellung des Schliers von Ortlang. — S.-B. bayer. Akad. Wiss., math.-phys. Cl., H. 2: 221—325, 1887
- HAGN, H.: Paläontologische Untersuchungen am Bohrgut der Bohrungen Ortenburg CF 1001, 1002 und 1003 in Niederbayern. — Z. deutsch. geol. Ges., 105: 324—359, 1955
- HILTERMANN, N. H.: Klassifikation rezenter Brack- und Salinär-Gewässer in ihrer Anwendung für fossile Bildungen. — Z. deutsch. geol. Ges., 115, Jg. 1963: 463—496, 1966
- JÜNGST, H.: Schillkalk („Schelpkalk“) als nationale Industrie. — Geol. Meere Binnengew., 5: 220—231, 1942
- JUX, U. & STRAUCH, F.: Angebohrte Spiriferen-Klappen; ein Hinweis auf palökologische Zusammenhänge. — Senck. leth., 46: 89—125, 1965
- JUX, U. & STRAUCH, F.: Zum marinen Oligozän am bergischen Höhenrand. — Decheniana, 118, 2: 125—134, 1967

- KRAUSE, H. R.: Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Nor-
derney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen. —
Arch. Moll., 79: 91—116, 1950
- KRAUSS, F.: Die Mollusken der Tertiär-Formation von Kirchberg an der Iller. — Jh. Ver.
vaterl. Naturk. Württemberg, 8: 136—157, 1852
- KVALIASHVILI, G. A.: The *Oncophora* (*Rzebakia*) Formation of Eurasia [russisch mit
engl. Zus.]. — Akad. Nauk Grus. SSR, Inst. Paläobiol.: 222 S., 1962
- LEMCKE, K., v. ENGELHARDT, W. & FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sediment-petro-
graphische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen
Alpenvorlandes. — Beih. Geol. Jb., 11: 1—109, 1953
- MAYR, M.: Geologische Untersuchungen in der ungefalteten Molasse im Bereich des unte-
ren Inn. — Beih. Geol. Jb., 26: 309—370, 1957
- NEUMAIER, F. & WIESENER, H.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchen-
gen im niederbayerischen Tertiär (Blatt Griesbach und Birnbach). — S.-B. bayer.
Akad. Wiss., math.-naturw. Abt.: 177—252, 1939
- PAPP, A.: Bemerkungen über Vorkommen und Variabilität der Bivalvengattung *Oncophora*. — Verh. geol. Bundesanst. Wien, 2: 120—133, 1955
- PAULUS, B.: Der tiefere Untergrund unter besonderer Berücksichtigung des von den Boh-
rungen Landstraße 1 und Plienung 101—105 erschlossenen Tertiärs (unter paläontolo-
gischer Mitarbeit von M. BROCKERT und W. HINSCH). — aus: Erl. Geol. Karte von
Bayern 1 : 25 000, Bl. 7736 Ismaning, 9—53
- PFANNENSTIEL, M.: Die Fauna der Kirchberger Schichten von Lohn, Randen. — S.-B.
Heidelbg. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1: 1—19, 1931
- REINECK, H.-E.: Longitudinale Schrägschichtung im Watt. — Geol. Rdsch. 47: 73—82,
1958
- REINECK, H.-E.: Sedimentgefüge im Bereich der südlichen Nordsee. — Abh. senckenb.
naturf. Ges., 505: 1—63, 1963
- REINECK, H.-E.: Parameter von Schichtung und Bioturbation. — Geol. Rdsch., 56: 420 bis
438, 1967
- REINECK, H.-E.: Layered sediments of tidal flats, beaches, and shelf bottoms of the North
Sea. — Estuaries — Amer. Ass. Advanc. Sci.,: 191—206, 1967
- REINECK, H.-E. & SINGH, I. B.: Primary sedimentary structures in the recent sediments of
the Jade, North Sea. — Marine Geology, 5: 227—235, 1967
- REMANE, A.: Ökologie des Brackwassers. In: REMANE, A. & SCHLIEPER, C.: Die Biologie
des Brackwassers. — Die Binnengewässer, 22: 216 S., 1958
- RUSSELL, R. J.: Physiography of Lower Mississippi River Delta. — State of Louisiana,
Dept. of Conservation, Geol. Bull. No. 8: 1—199, 1936
- RZEHAK, A.: Beiträge zur Kenntnis der Tertiär-Formation im Außeralpinen Becken von
Wien. — Verh. naturf. Ver. Brünn, 21: 31—49, 1883
- RZEHAK, A.: Die Fauna der *Oncophora*-Schichten Mährens. — Verh. naturf. Ver. Brünn,
31: 142—192, 1893
- SANDBERGER, F. VON: Die Land- und Süßwasser-Conchyliden der Vorwelt. — Wiesbaden
1870—1875
- SCHÄFER, W.: Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. — 666 S., Frankfurt
(Main) 1962
- SCHÄFER, W.: Biozönose und Biofazies im marinen Bereich. — Aufsätze u. Red. senckenb.
naturf. Ges., 11: 1—36, 1963
- SCHAUERTE, E.: Die Geologie des Blattes Haidenburg und seiner Umgebung. — Inaug.
Diss., 157 S., München 1962 [Erschienen Ende 1963]
- SCHIESSL, K.-H.: Die Verteilung der Schwerminerale in der Süßbrackwassermolasse Nie-
derbayerns. — Inaug. Diss., 78 S., München 1962
- SCHLICKUM, W. R.: Die Gattung *Nematurella* SANDBERGER. — Arch. Moll., 89: 203—213,
1960

- SCHLICKUM, W. R.: Die Gattung *Euchilus* SANDBERGER. — Arch. Moll., 90: 59—67, 1961
- SCHLICKUM, W. R.: Die Gattung *Limnopappia* n. gen. — Arch. Moll., 91: 109—115, 1962
- SCHLICKUM, W. R.: Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse von Ober- und Unterkirchberg. — Arch. Moll., 92: 1—10, 1963
- SCHLICKUM, W. R.: Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns. — Arch. Moll., 93: 1—68, 1964 [1964 a]
- SCHLICKUM, W. R.: Zur Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns. — Arch. Moll., 93: 163—164, 1964 [1964 b]
- SCHLICKUM, W. R.: Zur Gattung *Euchilus* SANDBERGER. — Arch. Moll., 94: 99—104, 1965
- SCHLICKUM, W. R.: Die Molluskenfauna der Kirchberger Schichten des Jungholzes bei Leipheim/Donau. — Arch. Moll., 95: 321—335, 1966
- SCHLICKUM, W. R.: Zur Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns 2. — Arch. Moll., 96: 175—179, 1967
- SCHLICKUM, W. R.: Zur Nomenklatur von *Staliopsis* RZEHA 1893. — Arch. Moll., 98: 53—54, 1968
- SCHLICKUM, W. R.: Die Molluskenfauna der Kirchberger Schichten des Chiemsee-Gebietes (Tagesaufschlüsse der Ratzinger Höhe und Kohlenbohrungen B 1 — B 14 im Gebiete Endorf — Wasserburg/Inn — Obing). — Geolog. Bavarica, im Druck
- SCHLICKUM, W. R.: Die Molluskenfauna der Kirchberger Schichten der Bohrung Pliening 101—104 (nö. München). — Geolog. Bavarica, im Druck
- SCHLICKUM, W. R. & ČTYROKÝ, P.: Zur Systematik der miozänen Brackwassercardiiden. — Arch. Moll. 94: 105—110, 1965
- SCHLICKUM, W. R. & STRAUCH, F.: *Nematurella convexula* n. sp., — eine statistisch analytisch begründete Art aus den Kirchberger Schichten des Jungholzes bei Leipheim/Donau. — Arch. Moll., 96: 169—174, 1967
- SCHLOSSER, M.: Geologische Notizen aus dem bayerischen Alpenvorland und dem Inn-tale. — Verh. k. k. geol. Reichsanst., 88—198, 1893
- STEPHAN, W.: Molassebecken. In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000. 2. Aufl., Bayer. Geol. Landesamt München: 178—195, 1964
- STEPHAN, W.: Zur faziellen und zyklischen Gliederung der chattischen Brackwasser-Molasse in Oberbayern. — Geol. Bavarica, 55: 239—257, 1965
- STRAUCH, F.: Zur Geologie von Tjörnes (Nordisland). — Dipl. Arbeit Geol. Inst. Köln, 195 S., Mskr., Köln 1961
- WALTHER, J.: Allgemeine Paläontologie. — 809 S., Berlin 1919 (—27)
- WELDER, F. A.: Processes of Deltaic Sedimentation of the Lower Mississippi River. — Coastal Studies Institute Louisiana State University Baton Rouge, Contr. 59 — 7, Techn. Report 12: 90 S., 1959
- WITTMANN, D.: Gliederung und Verbreitung der Süßbrackwassermolasse in Ost-Niederbayern. — Beih. Geol. Jb., 26: 48—95, 1957
- ZENKEVITCH, L. A.: Biology of the seas of the U.S.S.R. — 955 S., Allen & Unwin London 1963
- ZÖBELEIN, H. K.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im nieder-bayerischen Tertiär (Blatt Pfarrkirchen). — N. Jb. Miner. usw., Beil.-Bd., 84 B: 233 bis 302, 1940